

## **Resumen Analítico**

Hoy en día, muchos hogares de Colombia no cuentan con el abastecimiento continuo de agua potable u otros ni siquiera se encuentran conectados al servicio, por lo que se proveen de agua a través de pozos subterráneos u otras fuentes no fiables que no son aguas tratadas aptas para el consumo humano; lo que provoca que las personas en estos hogares puedan llegar a sufrir de enfermedades principalmente gastrointestinales como la EDA. Esta investigación plantea determinar la eficiencia asignativa de los recursos para la sanidad respecto a riesgos de mortalidad por diarrea en los niños menores de cinco años en Colombia, empleando un análisis de regresión lineal múltiple, utilizando datos de eficiencia de recursos en sanidad, y los APVP de una sociedad por muerte de niños menores de 5 años; encontrando existen barreras de acceso a los servicios de agua potable y saneamiento básico, y que dichas barreras si bien, son un factor determinante de la ineficiencia en la prestación de dichos servicios. Ahora, referente a la relación de eficiencia frente a la mortalidad por EDA en Colombia, se concluye que es un factor determinístico de la misma, el modelo de regresión lineal indica la relación inversa y directa que existen entre ambas variables, dicha relación permite verificar la hipótesis planteada en el primer capítulo, pues se deja claro cómo es la eficiencia en saneamiento un componente básico en un plan de salud pública y cómo ella genera resultados en salud.



UNIVERSIDAD DE CARTAGENA  
 FACULTAD DE CIENCIAS ECONÓMICAS  
 PROGRAMA DE ECONOMÍA



REMISIÓN DE TRABAJO DE GRADO

FECHA : Cartagena de Indias, 25 de julio de 2016.  
 DE : COMITÉ DE GRADUACIÓN  
 PARA : Doctor(es):  
 1. RAMÓN EDGARDO BAÑOS GONZÁLEZ RUBIO  
 2. JOSÉ ÁNGEL VILLALBA HERNÁNDEZ

Cordial saludo:

Para su consideración y estudio remito a usted(es) trabajo de Grado titulado: "EFICIENCIA ASIGNATIVA DE LOS RECURSOS DE SANEAMIENTO BÁSICO FRENTE A LA CARGA DE ENFERMEDADES DIARREICAS EN MENORES DE CINCO AÑOS EN COLOMBIA".

AUTOR(ES) : VERÓNICA ZAKZUK FALQUEZ  
 OSMITH MIRANDA PADILLA  
 ASESOR(A) : NELSON RAFAEL ALVIS GUZMÁN

Sírvase remitir el concepto respectivo marcando con una X los términos de:

APROBADO	<input checked="" type="checkbox"/>	NO APROBADO	<input type="checkbox"/>
APLAZADA	<input type="checkbox"/>	MERITORIA	<input type="checkbox"/>

Atentamente,

*Devin I. Pérez Fuentes*  
 DEWIN I. PÉREZ FUENTES  
 Director  
 PROGRAMA DE ECONOMÍA

Recibe Evaluadores:

I. RAMÓN E. BAÑOS GONZÁLEZ RUBIO

FIRMAS - FECHA  
*Ramón E. Baños González Rubio*

P.D: El plazo máximo para la entrega de este concepto es hasta el 18 de agosto de 2016.

Anexo: Formato de Observaciones.



UNIVERSIDAD DE CARTAGENA  
FACULTAD DE CIENCIAS ECONÓMICAS  
PROGRAMA DE ECONOMÍA



REMISIÓN DE TRABAJO DE GRADO

FECHA : Cartagena de Indias, 25 de julio de 2016.  
DE : COMITÉ DE GRADUACIÓN  
PARA : Doctor(es):  
1. RAMÓN EDGARDO BAÑOS GONZÁLEZ\_RUBIO  
2. JOSÉ ÁNGEL VILLALBA HERNÁNDEZ

Cordial saludo:

Para su consideración y estudio remito a usted(es) Trabajo de Grado titulado: "EFICIENCIA ASIGNATIVA DE LOS RECURSOS DE SANEAMIENTO BÁSICO FRENTE A LA CARGA DE ENFERMEDADES DIARREICAS EN MENORES DE CINCO AÑOS EN COLOMBIA".

AUTOR(ES) : VERÓNICA ZAKZUK FALQUEZ  
OSMÍTH MIRANDA PADILLA

ASESOR(A) : NELSON RAFAEL ALVIS GUZMÁN

Sírvase remitir el concepto respectivo marcando con una X los términos de:

APROBADO



NO APROBADO



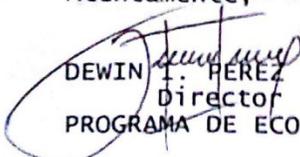
APLAZADA



MERITORIA



Atentamente,

  
DEWIN L. PÉREZ FUENTES  
Director  
PROGRAMA DE ECONOMÍA

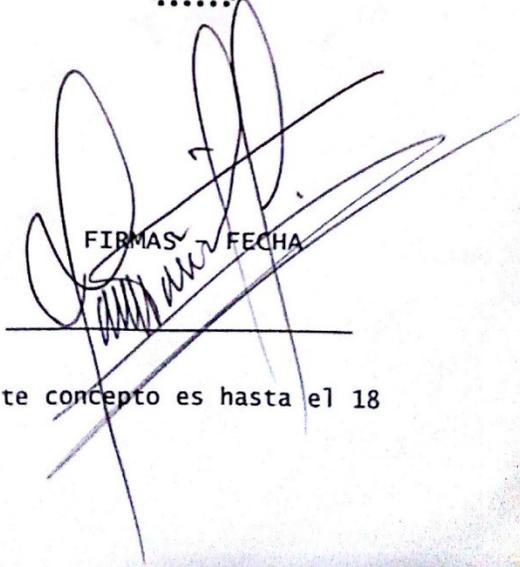
Recibe Evaluadores:

1. JOSÉ ÁNGEL VILLALBA HERNÁNDEZ

P.D: El plazo máximo para la entrega de este concepto es hasta el 18 de agosto de 2016.

Anexo: Formato de Observaciones.

FIRMAS / FECHA



Cartagena de indias, 22 de julio de 2016.

Señores  
**COMITÉ DE GRADUACIÓN**  
Programa de Economía  
Facultad de Ciencias Económicas  
Universidad de Cartagena

Referencia:  
CONCEPTO DE TRABAJO DE GRADO

Respetado Comité de Graduación:

Por medio de la presente les participo que he dirigido el desarrollo del presente concepto de trabajo de grado titulado " **EFICIENCIA ASIGNATIVA DE LOS RECURSOS DE SANEAMIENTO BÁSICO FRENTE A LA CARGA DE ENFERMEDADES DIARREICAS EN MENORES DE CINCO AÑOS EN COLOMBIA**" elaborado por los estudiantes del Programa de Economía **VERÓNICA ZAKZUK FALQUEZ** y **OSMÍTH MIRANDA PADILLA**, con códigos 0431110035 y 0430820036 respectivamente, con el fin de presentarlo a su consideración y de los jurados para realizar las sugerencias y/o recomendaciones que consideren pertinentes en pro de mejorar la calidad académica del mismo.

Agradecemos de antemano su atención

Atentamente,



---

**Nelson Alvis Guzmán MD. M.Sc. Ph.D.**  
Profesor Titular - Director GIES  
Director Proyecto Red ProVac - OPS/OMS

Cartagena de indias D.T. y C., 22 de julio de 2016.

Señores

**COMITÉ DE GRADUACIÓN**

**Programa de Economía**

Facultad de Ciencias Económicas

Universidad de Cartagena

Referencia:

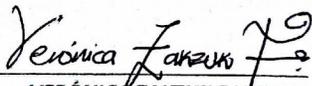
**CONCEPTO DE TRABAJO DE GRADO**

Respetado Comité de Graduación:

Con la presente hacemos entrega del Concepto de trabajo de grado titulado " **EFICIENCIA ASIGNATIVA DE LOS RECURSOS DE SANEAMIENTO BÁSICO FRENTE A LA CARGA DE ENFERMEDADES DIARREICAS EN MENORES DE CINCO AÑOS EN COLOMBIA**" elaborado bajo la asesoría del Doctor **NELSON ALVIS GUZMÁN** con el fin de someterlo a su aprobación y/o sugerencias que sean consideradas pertinentes para esta investigación.

Agradecemos de antemano su atención.

Atentamente,

  
VERÓNICA ZAKZUK FARQUEZ  
Estudiante

  
OSMITH MIRANDA PADILLA  
Estudiante

**EFICIENCIA ASIGNATIVA DE LOS RECURSOS DE SANEAMIENTO BÁSICO FRENTE A LA  
CARGA DE ENFERMEDADES DIARREICAS EN MENORES DE CINCO AÑOS EN  
COLOMBIA (2012)**

**EFICIENCIA ASIGNATIVA DE LOS RECURSOS DE SANEAMIENTO BÁSICO FRENTE A LA  
CARGA DE ENFERMEDADES DIARREICAS EN MENORES DE CINCO AÑOS EN  
COLOMBIA (2012).**

**VERÓNICA ZAKZUK FALQUEZ  
OSMÍTH MIRANDA PADILLA**

**UNIVERSIDAD DE CARTAGENA  
FACULTAD DE CIENCIAS ECONÓMICAS  
PROGRAMA DE ECONOMIA  
CARTAGENA DE INDIAS D.T. Y C.  
2016**

**EFICIENCIA ASIGNATIVA DE LOS RECURSOS DE SANEAMIENTO BÁSICO FRENTE A LA  
CARGA DE ENFERMEDADES DIARREICAS EN MENORES DE CINCO AÑOS EN  
COLOMBIA (2012).**

**VERÓNICA ZAKZUK FALQUEZ  
OSMÍTH MIRANDA PADILLA**

**Proyecto de grado presentado  
como requisito para obtener el  
título de Economista**

**Asesor:  
Nelson Alvis Guzmán MD. M.Sc. Ph.D.  
Profesor Titular - Director GIES  
Director Proyecto Red ProVac – OPS/OMS**

**UNIVERSIDAD DE CARTAGENA  
FACULTAD DE CIENCIAS ECONÓMICAS  
PROGRAMA DE ECONOMÍA  
CARTAGENA DE INDIAS D.T. Y C.  
2016**

**Nota de aceptación:**

---

---

---

---

---

**Presidente del Jurado**

---

**Jurado**

---

**Jurado**

**Cartagena de Indias, D. T y C, 22 de julio de 2016**

## Tabla de Contenido

<b>0 INTRODUCCIÓN</b> .....	1
0.1 DESCRIPCIÓN Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA .....	2
0.1.1 Descripción del problema .....	2
0.1.2 Formulación del Problema .....	3
0.2. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN .....	4
0.2.1 Objetivo General .....	4
0.2.2 Objetivos Específicos .....	4
0.3 JUSTIFICACIÓN .....	4
0.4 DELIMITACIÓN .....	6
0.4.1 Delimitación del Espacio .....	6
0.4.2 Delimitación del Tiempo .....	6
0.5 MARCO TEÓRICO REFERENCIAL .....	6
0.5.1 Estado del Arte .....	6
0.5.2 Marco Teórico .....	12
0.5.2.1 Eficiencia Técnica .....	12
0.5.2.2 Eficiencia Económica .....	15
0.5.2.3 La eficiencia Económica en la Economía Convencional .....	16
0.6 Diseño Metodológico .....	20
0.6.1 Tipo de Investigación .....	20
0.6.2 Metodología .....	20
0.6.3 Definición y Operacionalización de las Variables .....	22
0.6.3.1 Definiciones conceptuales .....	22
0.6.3.2 Operacionalización de las variables .....	2
<b>1 CARACTERIZACIÓN DEL SERVICIO SANITARIO Y LA ENFERMEDAD DIARREICA AGUDA EN COLOMBIA</b> .....	26
1.1 EL SERVICIO DE AGUA POTABLE Y SANEAMIENTO BÁSICO EN COLOMBIA .....	26
1.1.1 Organismos responsables de la prestación y gestión del recurso de APSB .....	29
1.2 SITUACIÓN EN MATERIA DE ACUEDUCTO, ALCANTARILLADO Y ASEO EN COLOMBIA - ANÁLISIS DEPARTAMENTAL .....	30
1.2.1 Coberturas en Acueducto y Alcantarillado por Departamentos para el año 2011. ....	31
1.2.2 Coberturas en el Servicio de Aseo por Departamentos para el año 2011. ....	32
1.2.3 Distribución de la cobertura en acueducto y alcantarillado en los Departamentos de Colombia para el año 2011 .....	39
1.3 PRODUCCIÓN DE AGUA Y CONTINUIDAD DEL SERVICIO EN COLOMBIA – ANÁLISIS DEPARTAMENTAL Y MUNICIPAL. (2012) .....	41
1.3.1 Metros cúbicos de agua producida (zona urbana y centros poblados). 2012 .....	42
1.3.2 Número de Viviendas conectadas al servicio de acueducto (zona urbana y centros poblados). ....	46
1.3.3 Promedio mensual del número de horas de prestación del servicio de Acueducto. 2012. ....	49
1.3.4 Inversión total en agua potable y saneamiento básico para la prestación del servicio de los últimos tres años. ....	
1.3.5 Índice de Riesgo de Calidad del Agua – IRCA- 2012. ....	55
1.4 ENFERMEDAD DIARREICA AGUDA .....	59
1.4.1 Tasa de Mortalidad Infantil por EDA en niños menores de 5 Años – Colombia. ....	63
1.4.2 Índice De Pobreza Multidimensional Vs TMI por EDA .....	65
1.4.3 Porcentaje de la Población menor de 5 Años Vacunada contra Rotavirus Vs TMI por EDA .....	69
1.4.4 Necesidades Básicas Insatisfechas Vs TMI por EDA .....	70
<b>2 CARGA DE ENFERMEDAD POR DIARREA EN NIÑOS MENORES DE 5 AÑOS</b> .....	73
2.1 CALCULO DE LOS APVP .....	74
2.1.1 Elementos para el Cálculo de los APVP y del Índice de los APVP (IAPVP) .....	75
2.2 RESULTADOS CALCULO APVP COLOMBIA, 2012 .....	77

<b>3 EFICIENCIA DE LOS RECURSOS EN SANIDAD DE LOS MUNICIPIOS DE COLOMBIA.....</b>	<b>85</b>
3.1 RESULTADOS EFICIENCIA RECURSOS EN SANIDAD.....	86
<b>4 ESTIMACIÓN DEL IMPACTO DE LA EFICIENCIA TÉCNICA DE LA GESTIÓN DE LOS RECURSOS EN SANIDAD EN LA CARGA DE ENFERMEDAD POR DIARREA EN MENORES DE 5 AÑOS.....</b>	<b>90</b>
4.1 ESTIMACIÓN DEL MODELO.....	93
4.1.1 <i>Pruebas diagnosticas</i> 95	
<i>Prueba de normalidad.</i> 95	
<i>Heteroscedasticidad</i> 96	
<i>Prueba de especificación del modelo</i> 96	
<b>5 COCLUSIONES:.....</b>	<b>98</b>
<b>6 BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>102</b>

## FIGURAS

<i>Figura 1.Frontera de posibilidades de producción</i>	12
<i>Figura 2.Expansión de la frontera de posibilidades de producción.</i>	13
<i>Figura 3. Eficiencia Técnica en la Frontera de Posibilidades de Producción.</i>	14
<i>Figura 4.curvas de Indiferencia.</i>	16
<i>Figura 5.Frontera de Posibilidades de Producción y Curva de Indiferencia.</i>	17
<i>Figura 6. Porcentaje de hogares con acceso al servicio de Acueducto 2010 - 2011. Total nacional, cabecera y resto.</i>	31
<i>Figura 7. Porcentaje de hogares con acceso al servicio de Alcantarillado 2010 - 2011. Total nacional, cabecera y resto.</i>	32
<i>Figura 8.Distribución de la cobertura en acueducto en los Departamentos de Colombia. 2011</i>	39
<i>Figura 9.Distribución de la cobertura de alcantarillado en los Departamentos de Colombia. 2011.</i>	41
<i>Figura 10.Agua Producida en los Departamentos de Colombia. 2012. (Metros Cubidos).</i>	43
<i>Figura 11.Número Total Viviendas – Número Viviendas Conectadas</i>	47
<i>Figura 12. Número de Horas Prestación del Servicio de Acueducto por Departamentos. Colombia, 2012.</i>	50
<i>Figura 13. Inversión APSB (2010 – 2012) por Departamentos. Colombia, 2012</i>	52
<i>Figura 14. Porcentajes cobertura servicio de acueducto y alcantarillado.</i>	61
<i>Figura 15. Cobertura urbana y rural servicio de acueducto y alcantarillado. Gráfica obtenida del DNP.</i>	62
<i>Figura 16. TMI por EDA en Colombia, Año 2012.</i>	63
<i>Figura 17. Tasa de mortalidad por EDA en menores de 5 años (2005 – 2012).</i>	64
<i>Figura 18. Índice de Pobreza Multidimensional (IPM) para Colombia, 2012.</i>	67
<i>Figura 19. Índice de gini por departamentos. Colombia, 2010-2012</i>	68
<i>Figura 20.Porcentaje Población Vacunada con Rotavirus. Colombia, 2012.</i>	69
<i>Figura 21.Porcentaje Población con NBI. Colombia, 2012.</i>	71
<i>Figura 22.APVP por Municipios – Colombia, 2012.</i>	78
<i>Figura 23.IAPVP por Municipios – Colombia, 2012.</i>	78
<i>Figura 24.APVP Mujeres por Municipios – Colombia, 2012.</i>	80
<i>Figura 25.Muertes por EDA en Menores de 5 Años municipio el Plato (2005 – 2012) – Colombia, 2012.</i>	81
<i>Figura 26.APVP Hombres por Municipios – Colombia, 2012.</i>	82
<i>Figura 27.APVP Hombres Vs Mujeres por Municipio – Colombia, 2012</i>	84
<i>Figura 28.Gráfico de Dispersión Eficiencia de Recursos en Sanidad Vs APVP</i>	91
<i>Figura 29. Gráfico de dispersión Eficiencia de Recursos en Sanidad Vs TMI x EDA</i>	92

## MAPA

<i>Mapa 1. Agua Producida en los Municipios de Colombia. 2012. (Metros Cúbicos)</i>	44
<i>Mapa 2. Viviendas conectadas al servicio acueducto/alcantarillado en los Municipios de Colombia. 2012. (Metros Cúbicos)</i>	48
<i>Mapa 3. Número de Horas Prestación del Servicio de Acueducto por Municipios. Colombia, 2012.</i>	51
<i>Mapa 4. Inversión APSB (2010 – 2012) por Municipios. Colombia, 2012.</i>	53
<i>Mapa 5. Índice de Riesgo de Calidad del Agua Análisis Departamental. Colombia, 2012.</i>	56

<i>Mapa 6. Índice de Riesgo de Calidad del Agua Análisis Municipal. Colombia, 2012.....</i>	<i>58</i>
<i>Mapa 7. DEA &amp; TMI x EDA.....</i>	<i>89</i>

**TABLAS**

<i>Tabla 1. Operacionalización de las Variables.....</i>	<i>24</i>
<i>Tabla 2. Porcentaje de hogares por tipo de servicio sanitario ENCV (2010 – 2011) Total nacional, cabecera y resto.....</i>	<i>33</i>
<i>Tabla 3. APVP Nacional.....</i>	<i>77</i>
<i>Tabla 4. Rangos de interpretación Componente de Eficiencia .....</i>	<i>86</i>

## 1 INTRODUCCIÓN

Una gran proporción de los municipios de Colombia no cuentan con abastecimiento continuo de agua potable, otros al no tener ríos cerca cuentan con servicios de agua subterránea que en muchos casos no es tratada adecuadamente, además, la situación se agrava pues muchos de los municipios que cuentan con el servicio de agua potable tienen un IRCA (Índice de riesgo de calidad de agua) muy bajo.

Estos problemas provocan que los habitantes de los hogares con dichas falencias sufran de algunos problemas de salud, entre los cuales están la EDA, una enfermedad que afecta principalmente a los niños por ser ellos los más propensos a adquirir este tipo de virus, bacterias y/o parásitos. Lo anterior se evidencia en el estudio de (Semenza, Roberts, Henderson, Bogan, & Rubin, 1998) , en una investigación hecha en Nukus, la cual permite mostrar que el inadecuado tratamiento del agua provoca la aparición de enfermedades diarreicas, mientras que en las viviendas en donde se aprobó la intervención para el tratamiento de agua las tasas de diarrea han disminuido de manera drástica.

Se analizará entonces, si la ineficiencia en la prestación de servicios de agua potable y saneamiento básico, provocan un problema de salud como es la diarrea en niños menores de 5 años en Colombia, y el impacto que genera la misma.

El propósito principal del trabajo es crear conciencia y mostrar a las autoridades de los respectivos municipios de estudio el problema que existe y la solución a dicho problema, cuyo fin inmediato sería disminuir las muertes en los niños provocadas por EDA en los municipios de Colombia en los futuros años.

La metodología a utilizar es la realización de un modelo de regresión lineal múltiple en donde se obtenga la probabilidad de disminuir o aumentar la mortalidad infantil por diarrea en niños menores de 5 años, en Colombia y por ende los APVP, dado un cambio en la eficiencia asignativa de los recursos y en otras variables ambientales no controlables. Se utilizará el

programa econométrico Stata para el pertinente desarrollo del modelo. En este caso, utilizamos los IAPVP y se convirtieron a LN para disminuir los problemas de normalidad, para evitar la disparidad en los datos.

## **1.1 DESCRIPCIÓN Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA**

### **1.1.1 Descripción del problema**

Estamos inmersos en una crisis del agua que tiene muchas caras. El mayor problema del siglo XXI es el de la calidad y la gestión del agua, tanto si se trata de temas de salud o de saneamiento, del medio ambiente o de las ciudades, de alimentos, de industria o de producción de energía. La gestión del agua ha evolucionado, pero en 2003 todavía más de 25.000 personas mueren cada día de malnutrición y otras 6.000 personas, en su mayoría niños menores de 5 años, mueren de enfermedades relacionadas con el agua. Se trata de una crisis verdaderamente mundial que las simples cifras pueden deshumanizar. Para alrededor del 2007 no se paraba de leer titulares en la prensa sobre millones de personas que sufren de malnutrición en África meridional, millones de afectados por inundaciones en Bangladesh, inundaciones en Europa central y oriental y cientos de muertos por la fiebre del Nilo. Pero las muertes silenciosas de otros millones no dan lugar a titulares, ni tampoco las quejas de los pobres y abandonados que aún carecen de derechos humanos básicos. Y, sin embargo, estas terribles pérdidas, con el sufrimiento y el despilfarro que suponen, se pueden evitar.(UNESCO, 2007)

En Colombia, así como en todo el mundo estas muertes silenciosas no son un secreto para nadie. Muertes ocasionadas por falta de tratamients del agua. Se cree que la TMI por EDA en niños menores de 5 años en Colombia no alcanza a involucrar todas las muertes existentes por esta enfermedad, muchas pudieron no ser registradas en un hospital, muchos niños pudieron haber muerto y su muerte ha podido no ser notificada. Para el año 2012, la TMI por EDA fue de 3,5 por cada 100 mil niños en Colombia, para el año 2011 fue de 3,73 por cada 100 mil niños en Colombia, y mientras que en el año 2010 fue de 5,26. Lo que evidencia una disminución de la misma explicado en gran medida por la implementación de la vacuna contra el rotavirus. Según el estudio "Efectividad de la Vacuna Antirotavírica en Colombia " de la Universidad Nacional de

Colombia, la cobertura de esta vacuna para el año 2010 fue del 74%, además del año 2004 al 2008 se evidenció una reducción de las tasas de mortalidad por EDA para niños menores de 5 años del 49,9% debido a la implementación de la vacuna. (Paternina Caicedo, 2013)

Sin embargo, gracias a la vacuna de rotavirus solo existe una disminución de la EDA en un porcentaje, y a pesar de que esta existe se siguen presentando muertes de niños por esta enfermedad; es aquí, donde se deja abierto el beneficio de la duda para pensar en qué otros factores pueden ayudar a prevenir, aminorar o erradicar por completo esta enfermedad.

De acuerdo a la base de datos de NBI desagregada suministrada por el DANE. El 27.78% de la población en Colombia registra necesidades básicas insatisfechas para el año 2011. En lo referente al componente de servicios básicos, para el mismo año se registró un componente de 7.36; lo que evidencia que en Colombia el 7,36% de la población no tiene suministros de servicios básicos, entre estos los servicios de acueducto y alcantarillado. La hipótesis de esta investigación apunta a que si existen estas deficiencias en los servicios de acueducto y alcantarillado y por ende muchos hogares no posean suministro de agua ni cuenten con las medidas sanitariamente adecuadas en la calidad del agua y el alcantarillado, puede haber más probabilidad de que los niños menores de 5 años que conforman esa vivienda lleguen a sufrir de enfermedades intestinales infecciosas como es la EDA, ocasionadas por virus, bacterias o parásitos como son la *Escherichia coli*, el *Cryptosporidium*, la *Giardia*, etc

Con lo anterior se puede llegar a pensar que existe otra manera adicional a la implementación de la vacuna de rotavirus, para disminuir lo más posible la morbilidad y/o mortalidad por enfermedad diarreica aguda en niños menores de 5 años, y esta manera es eliminando las deficiencias que presenta la prestación del servicio básico de acueducto y alcantarillado en Colombia.

### **1.1.2 Formulación Del Problema.**

¿Cuántos son los años potenciales de vida perdidos (APVP) por diarrea que son generados por la ineficiencia asignativa de los recursos para agua, sanidad e higiene a pesar de que los niños estén vacunados con la vacuna de rotavirus

## **1.2 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN**

### **1.2.1 Objetivo General**

- Determinar la eficiencia asignativa de los recursos para la sanidad respecto a riesgos de mortalidad por diarrea en los niños menores de cinco años en Colombia.

### **1.2.2 Objetivo Específicos**

- Caracterizar la enfermedad diarreica y el servicio sanitario en Colombia
- Calcular la carga de enfermedad por diarrea, medida en AVPP en los niños menores de 5 años.
- Calcular la eficiencia de los recursos en sanidad de los municipios de Colombia.
- Estimar el impacto de la eficiencia técnica de la gestión de los recursos en sanidad en la carga de enfermedad por diarrea en menores de 5 años.

## **1.3 JUSTIFICACIÓN**

Según la OMS (Organización Mundial de la Salud) las enfermedades diarreicas son la segunda mayor causa de muerte de niños menores de cinco años en todo el mundo entero, muy a pesar, de que estas enfermedades son prevenibles y tratables.

Dicho problema también lo evidencia (Cáceres, Estrada, De Antonio, & Peláez, 2005) en su artículo:

La EDA continúa siendo un problema importante de salud pública por ser una de las principales causas de muerte en menores de 5 años (6), por el elevado número de casos que se presentan anualmente y por los gastos que genera el tratamiento médico general o específico de los enfermos. (p. 7)

Se evidencia que en municipios en donde se ha implementado la vacuna de Rotavirus aún siguen ocurriendo muertes en estos niños, lo que demuestra que existe un problema más a fondo que debe ser tratado. Este problema tiene más que nada que ver con la falta de compromiso y falta de implementaciones de acciones conjuntas de las autoridades, la comunidad y todos los factores que están vinculados de una forma u otra con la salud y el bienestar de los niños, la falta de elaboración de políticas basadas en resultados científicos y evaluaciones sistemáticas de los programas de prevención y promoción. (Cáceres et al., 2005)

Se analizará la relación causal entre la eficiencia asignativa de recursos en agua, sanidad e higiene y la mortalidad infantil por EDA para descubrir si este es el problema que no permite que cesen las muertes, teniendo en cuenta que a menor eficiencia asignativa de recursos mayor será la probabilidad de morir por diarrea.

El trabajo en cuestión será fundamental, por una parte incentivar a las autoridades gubernamentales de Colombia a prestar más atención a la asignación de recursos hacia la prestación de servicios públicos que son tan importantes para la vida de la comunidad en general y sobretodo los niños, pues estos están expuestos a alta vulnerabilidad, por otro lado, hacer conciencia social en los hogares colombianos para regular el manejo de lavado de manos y disposición de excretas.

Además, será un tema que no se ha trabajado en Colombia, y en muy pocas partes del mundo, por lo que su realización será una ventaja y una oportunidad para promover la investigación sobre el tema en otros países y en Colombia servirá de base para realizar investigaciones mucho más profundas y comparativas entre diferentes años de estudio.

## 1.4 DELIMITACIÓN

### 1.4.1 Delimitación del Espacio

Se optó por trabajar con 759 municipios de Colombia.

### 1.4.2 Delimitación del tiempo

Los datos se tomarán para un año específico porque no se estudiará el cambio de la eficiencia en el tiempo, se trabajará el año 2012, pues es el año más reciente en el cual se encontraron datos para todas las variables por analizar.

## 1.5 MARCO TEÓRICO REFERENCIAL

### 1.5.1 Estado del Arte

- **Diarrhoea prevalence in children under five years of age in rural Burundi: an assessment of social and behavioural factors at the household level) (Diouf, Tabatabai, Rudolph, & Marx, 2014)**

Este estudio tiene por objetivo determinar la prevalencia y los factores asociados con la diarrea en menores de cinco años de edad en Burundi rural. Para esto se diseñó un estudio transversal entre 551 hogares rurales en el noreste de Burundi en la provincia de Bubanza e incluyó dos asentamientos vecinos (Bhurika y Gatura) que están pobladas por estimado en 4.746 personas. Para el análisis estadístico se utilizó el SPSS Statistics versión 20 y se incluyeron pruebas de Chi-cuadrado de todos los indicadores. Las variables que alcanzaron un cociente de probabilidad p-valor  $<0.1$  se incluyeron en un análisis de regresión logística ecuación estimada generalizada (GEE).

Dentro de los resultados la mayoría de los cuidadores tenían entre 20 y 29 años de edad y tenía unos dos menores de cinco años. Más del 46% de los hogares tenían al menos un U5

que sufría de diarrea durante las últimas dos semanas. La clasificación de las fuentes de agua en una mejora frente a un terreno agreste reveló que el 46,3% de los hogares recoge el agua potable de fuentes mejoradas de agua. Grifos públicos fueron la fuente más común de agua potable (29,4%). La clasificación de las instalaciones de eliminación de excrementos en una mejora frente a un terreno agreste mostró que el 3,1% de los hogares tenía acceso a instalaciones mejoradas de saneamiento. La mayoría de los hogares (93,1%) utiliza letrinas a cielo abierto como las instalaciones de saneamiento. Se señala que sólo cinco hogares tenían acceso a instalaciones mejoradas de saneamiento, así como la mejora de las fuentes de agua de forma simultánea.

Se concluyó entonces que la prevalencia diarreica puede reducirse a través de la educación en higiene como punto de tratamiento de agua para uso doméstico como de ebullición. Con el fin de maximizar el impacto en la salud de los niños en el entorno rural dado, las intervenciones futuras deben asegurar la educación en higiene sistemática y regular a nivel del hogar y la comunidad.

- **Burden of disease from inadequate water, sanitation and hygiene in low- and middle-income settings: a retrospective analysis of data from 145 countries (Prüss-Ustün et al., 2014)**

El objetivo de este documento es estimar la carga de las enfermedades diarreicas de la exposición al agua inadecuada, el saneamiento y la higiene de manos en los entornos de bajos y medianos ingresos y proporcionar una visión general del impacto en otras enfermedades.

Para estimar el impacto del agua, el saneamiento y la higiene en la diarrea, se seleccionaron los niveles de exposición tanto con datos de exposición global suficiente y una relación de coincidencia de la exposición de riesgo. Datos de exposición global fueron estimados para el año 2012, y las estimaciones de riesgo fueron tomados de los análisis sistemáticos más recientes. Estimamos muertes atribuibles y ajustadas por discapacidad años de vida (AVAD) por país, edad y sexo para el agua inadecuada, el saneamiento y la higiene de las manos por

separado y como un conjunto de factores de riesgo. Estimaciones de la incertidumbre se calcularon sobre la base de la incertidumbre que rodea las estimaciones de exposición y los riesgos relativos.

Como resultado se obtuvo que en 2012, se estimaron 502 000 muertes por diarrea causada por el agua potable inadecuada y 280 000 muertes por el saneamiento inadecuado. La estimación más probable de la carga de enfermedad de la higiene de manos inadecuada asciende a 297 000 muertes. En total, se estima que 842 000 muertes por diarrea fueron causadas por este cúmulo de factores de riesgo, lo que equivale a 1,5% de la carga total de la enfermedad y el 58% de las enfermedades diarreicas. En los niños menores de 5 años, 361 000 muertes se podrían evitar, lo que representa el 5,5% de las muertes en ese grupo de edad.

- **Water Reforms, Decentralization and Child Mortality in Colombia, 1990–2005, (Granados & Sánchez, 2014).**

El objetivo de este trabajo es evaluar empíricamente el impacto de las reformas sobre el agua y la prestación del servicio de alcantarillado, así como en la mortalidad infantil entre 1990 y 2004. Se utilizó un modelo Logit debido a que la decisión puede estar asociada, por un lado, con las características socioeconómicas de los municipios y de su evolución en el tiempo y, por otro lado, con una coyuntura política particular, en el municipio que promueva o facilite la participación de una empresa en la provisión de servicios de agua y alcantarillado.

Dentro de los resultados se encontró que los municipios que optaron por reformar mediante la incorporación de proveedores especializados experimentaron menos progreso en sus indicadores de mortalidad infantil y en cobertura de agua que los municipios en los que los gobiernos locales continuaron la prestación de servicios. Por lo tanto, los incentivos de una maximización en la prestación de servicio de alcantarillado especializado por parte de una firma privada especializada no conducen por sí mismos a una mayor cobertura o mejor calidad del agua y, por tanto, a reducir la mortalidad infantil. Puede ser, en efecto, que los incentivos que un político local tiene (la rendición de cuentas, la reelección, etc.) puedan

lograr mejores servicios de agua y alcantarillado, que a su vez puede conducir a mejores indicadores de la mortalidad infantil.

- **La enfermedad diarreica aguda: un reto para la salud pública en Colombia** (Cáceres et al., 2005)

Esta investigación tiene por objetivo establecer la relación entre la infección por rotavirus y la deshidratación por diarrea en niños colombianos menores de 5 años y determinar los factores de riesgo de la diarrea con deshidratación.

Se realizó un estudio de casos y testigos en un hospital urbano de Bogotá, Colombia, entre abril de 2000 y febrero de 2001. Se seleccionaron 290 niños menores de 5 años de edad de uno u otro sexo; de ellos 145 estaban hospitalizados por enfermedad diarreica aguda (EDA) con deshidratación (casos) y 145 tenían diagnóstico de EDA sin signos de deshidratación (testigos).

Se encontró una asociación estadística entre la diarrea con deshidratación y la presencia de rotavirus en las muestras de heces, el peso al nacer y el tiempo de lactancia materna inferior a 3 meses. El riesgo de presentar deshidratación se asoció con las condiciones socioeconómicas desfavorables, los hábitos higiénicos inadecuados de la familia del niño y una menor escolaridad materna.

Se concluye que la calidad inadecuada de las acciones de promoción y prevención en una población con fácil acceso a los servicios de salud favoreció la aparición de casos de diarrea con deshidratación. La infección por rotavirus desempeña un papel importante en la gravedad de la EDA en niños colombianos.

- **What is the evidence for a causal link between hygiene and infections? (Aiello & Larson, 2002)**

Los objetivos de esta revisión son: examinar la evidencia epidemiológica de una relación entre las prácticas de higiene (con excepción de las medidas de salud pública amplias solas) y las infecciones; proporcionar un resumen de las medidas específicas de higiene y resultados infecciosos que han sido el foco de la investigación publicada en los últimos 20 años; discutir la magnitud de la reducción en las infecciones atribuidas a las intervenciones específicas de higiene; y examinar las fortalezas y limitaciones de los estudios epidemiológicos con el fin de poner de relieve las necesidades de investigación futuras.

Se utilizó la base de datos Medline que fue una búsqueda de artículos publicados durante el periodo de enero 1980 a junio 2001, con palabras claves, incluyendo la "higiene", "salud", "saneamiento", "jabón", "lavado", "lavarse las manos", "comunidad", "infección" , "enfermedades infecciosas", "diarrea", y "guardería". Trabajos adicionales se obtuvieron mediante búsquedas en las listas de referencias de los artículos recuperados.

Los hallazgos consistentes en la intervención y los estudios observacionales apoyan la conclusión de que las intervenciones de higiene distintas de implementación de infraestructura son importantes para la prevención de infecciones. Si bien estos resultados pueden no ser sorprendentes o "nuevos", sin embargo son impresionantes e importantes porque demuestran que, incluso en una época de "limpieza" sin precedentes y la mejora de la infraestructura de salud pública, hay un continuo y medible efecto, positivo de personal y comunitaria higiene.

- **Water distribution system and diarrheal disease transmission: A case study in Uzbekistan (Semenza et al., 1998)**

El objetivo de este estudio de intervención aleatorizado fue determinar la incidencia de enfermedades transmitidas por el agua a través de la vigilancia activa. Hogares de intervención que carecen de agua entubada suplen esta necesidad con el equipo para la

cloración del agua potable. La incidencia en el auto-reporte de la diarrea se comparó tanto en un grupo con como en un grupo sin acceso al agua corriente.

Se construyó un mapa detallado de los seis barrios más grandes y sin agua corriente de Nukus (provincia de Uzbekistán) y se estimó el número de viviendas. A partir de estas zonas, se seleccionaron al azar 12 casas de índice, cada uno de los cuales formarían parte de un grupo de 10 hogares. Criterios de selección requiere que un niño menor de cinco años de edad viviera en la casa. El número de clusters en cada barrio se le asigna sistemáticamente proporcional a la población.

A pesar de las ventajas obvias de agua potable, los residentes expresaron poca disposición a pagar por 20 litros de agua potable (valor medio por cada 20 litros = 7,2 Sum o 0,20 dólares) o un recipiente para la cloración casa (valor por contenedor media = 12,6 Suma \$ 0.30). Sin embargo, el procedimiento de cloración casa fue fácilmente aceptado por esta población sobre la base de una tasa de cumplimiento del 73% de los residuos de cloro detectables en el agua en el momento de la visita para entrevistar.

- **Effects of improved water supply and sanitation on ascariasis, diarrhoea, dracunculiasis, hookworm infection, schistosomiasis, and trachoma (Esrey, Potash, Roberts, & Shiff, 1991)**

El presente artículo revisa el impacto en la salud de las intervenciones de agua y saneamiento en lo siguiente: ascariasis (*Ascaris lumbricoides*), enfermedades diarreicas (incluidas las medidas del estado nutricional y la supervivencia de los niños), dracunculiasis (*Dracunculus medinensis*), anquilostomiasis (*Ancylostoma duodenale* y *Necator americanus*), la esquistosomiasis (*Schistosoma haematobium* y *S. mansoni*), y el tracoma (*Chlamydia trachomatis*).

Como método se utilizaron búsquedas por ordenador de los artículos en cada una de las enfermedades consideradas, se llevaron a cabo utilizando el Medline y Medline 500 system, que abarcan el período comprendido entre 1966 y 1986, respectivamente. Para la

esquistosomiasis, se realizó una búsqueda en la computadora adicional utilizando el CAB Abstracts (periodo 1984-1989). Para anquilostomiasis y ascariasis, Index Medicus se buscó 1976-1986, y el Science Citation Index para 1970-1984. Debido a una revisión exhaustiva de las enfermedades diarreicas se publicó en 1986, se buscaron sólo los estudios publicados desde entonces. Para el tracoma, referencias adicionales fueron proporcionados por una reciente revisión.

Los resultados de esta revisión indican que las mejoras en uno o más componentes de abastecimiento de agua y saneamiento pueden reducir considerablemente las tasas de morbilidad y la gravedad de la ascariasis, las enfermedades diarreicas, la dracunculiasis, la anquilostomiasis, la esquistosomiasis y tracoma.

## **1.5.2 Marco teórico**

Según el escrito "Eficiencia Técnica, Eficiencia Económica y Eficiencia Dinámica" Ivan Cachanosky (autor); analiza los siguientes temas que se usarán en el marco teórico para entrar en contexto hacia lo que se desea investigar, (Cachanosky, 2012) :

### **1.5.2.1 Eficiencia Técnica**

La eficiencia técnica nos dice si los recursos están siendo explotados al máximo o no, esto quiere decir, si los factores productivos se están usando de forma ociosa o al cien por ciento. La figura 1, "*Frontera de Posibilidades de Producción (FPP*" muestra de forma clara esta idea.

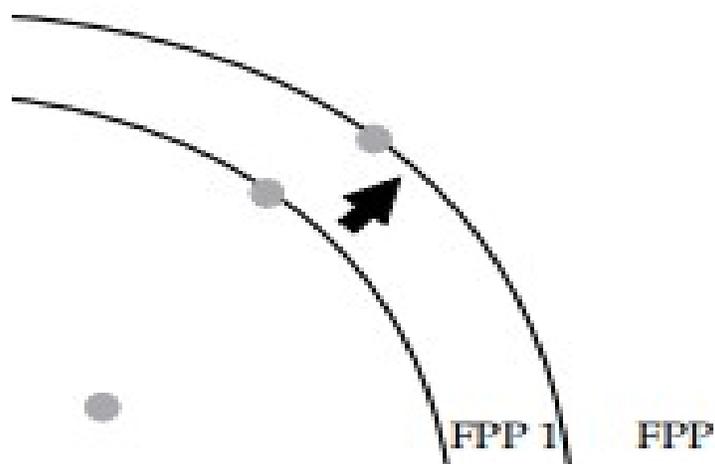
**Figura 1. Frontera de posibilidades de producción**



Fuente: Eficiencia Técnica, Eficiencia Económica Y Eficiencia Dinámica – Ivan Cachanosky.

En la siguiente figura se observa el análisis productivo de dos bienes, uno, el de la producción de lanchas en el eje de las X, y la producción de barcos en el eje de las Y, donde la curva cóncava es la que representa la Frontera de Posibilidades de Producción (FPP). Un punto por debajo de FPP muestra que no se están utilizando todos los recursos productivos y se alcanza un punto ineficiente. Un punto sobre FPP significa que se están utilizando todos los recursos por lo que se está alcanzando un punto tecnológicamente eficiente. Un punto por encima de la curva sería inalcanzable ya que no se poseen los suficientes recursos para llegar a este punto y estando por debajo de la FPP se estarían produciendo más barcos y lanchas pero no se estaría llevando a cabo dicha producción y sobran recursos. Situado sobre la FPP ya no hay recursos para producir más lanchas o barcos. Para llegar al punto inalcanzable se requiere de un avance tecnológico que permita desplazar la curva FPP hacia la derecha como se muestra en este segundo gráfico.

**Figura 2. Expansión de la frontera de posibilidades de producción.**

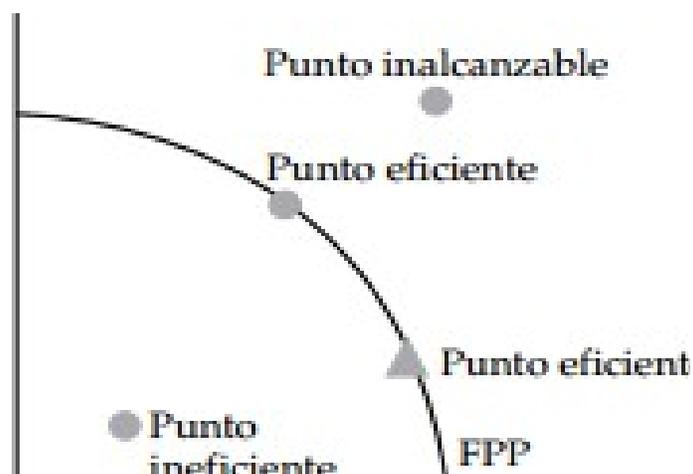


Fuente: Eficiencia Técnica, Eficiencia Económica Y Eficiencia Dinámica – Ivan Cachanosky.

Los avances tecnológicos permiten producir una mayor cantidad de bienes y desplazan la FPP hacia la derecha generando desarrollo económico.

Se le llama eficiencia técnica al hecho de estar sobre la FPP, donde se aprovechan todos los recursos a disposición y donde se es técnicamente eficiente para producir un bien determinado.

**Figura 3. Eficiencia Técnica en la Frontera de Posibilidades de Producción.**



Fuente: Eficiencia Técnica, Eficiencia Económica Y Eficiencia Dinámica – Ivan Cachanosky.

La figura 3 muestra que tanto el triángulo como el círculo, puntos que se ubican sobre la FPP se están utilizando todos los recursos productivos sin capacidad ociosa. En el caso del círculo se producen más barcos que lanchas y en el caso del triángulo se producen más lanchas que barcos, pero no se responde a la pregunta, ¿qué están demandando las personas?, la eficiencia técnica no puede responder esta pregunta, ya que esta solo responde a la utilización de los factores de producción en su totalidad o eficientemente y no si se están utilizando en producir los bienes que las personas demandan.

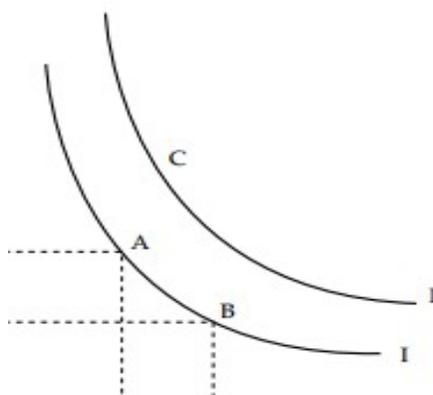
#### **1.5.2.2 Eficiencia Económica.**

Aquel punto, sobre la FPP, que a la vez sea utilizado para producir los bienes que demandan los consumidores alcanzará la eficiencia económica, de lo contrario, solo estaríamos ante una eficiencia técnica produciendo bienes que pueden no ser demandados, o bien, que no son demandados en esas cantidades mal asignando los recursos. Sintetizando, se utilizan la totalidad de los recursos sin tener capacidad ociosa pero para producir bienes que no serán comprados en su totalidad por los consumidores. Si se logra encontrar el punto sobre la FPP que permita producir los bienes que los consumidores demandan entonces habremos logrado la eficiencia económica. Puede ocurrir que consumidores demanden barcos y lanchas pero no en las cantidades que se están produciendo. En ese caso, si se alcanzaría la eficiencia técnica pero no la eficiencia económica.

### 1.5.2.3 La Eficiencia Económica en la Economía Convencional.

Para entender la lógica que planteará la economía convencional es importante primero explicar y desarrollar el concepto de curva de indiferencia. Una curva de indiferencia muestra la relación entre dos bienes en donde el consumidor se mantiene indiferente. Es decir, siempre que el consumidor se encuentre sobre la curva de indiferencia le será indistinto consumir más bienes de X y menos de Y o viceversa.

*Figura 4. curvas de Indiferencia.*



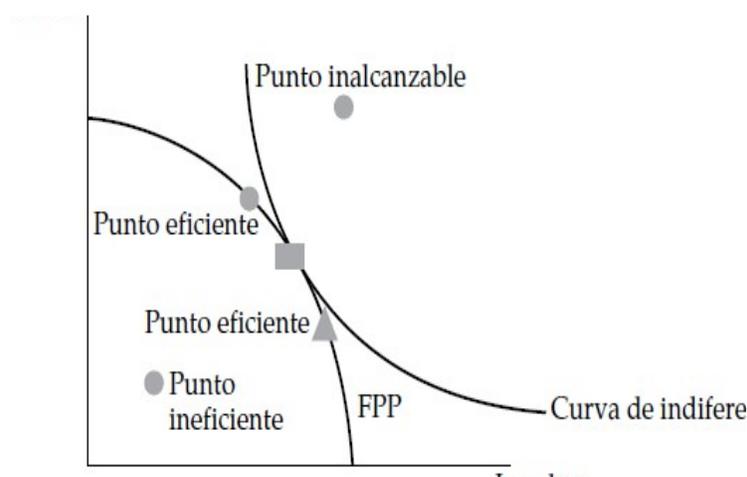
Fuente: Eficiencia Técnica, Eficiencia Económica Y Eficiencia Dinámica – Ivan Cachanosky.

La curva de indiferencia I muestra distintas combinaciones de consumo para una persona en el cual la satisfacción total es la misma, o sea, cualquier punto de la curva le es indiferente. En el punto A consume más bienes de Y y menos de X; en el punto B consume más bienes de X y menos de Y. Lo importante es que le es indiferente estar en A o en B. En definitiva, la curva de indiferencia son diferentes combinaciones de consumo para el cual la persona se mantiene indiferente porque su nivel de satisfacción es el mismo. Tanto el punto A como el punto B le brindan el mismo nivel de utilidad al consumidor. Cuanto más alejada esté la curva de

indiferencia, mejor es la situación del consumidor porque significa que éste puede obtener más de ambos bienes. La curva de indiferencia I brinda menor utilidad que la curva de indiferencia I'.

Una vez se comprende el concepto de curva de indiferencia se está en condiciones de ver la solución que sugiere la economía convencional para lograr la eficiencia económica. Esto sucede en el punto en el cual la curva de indiferencia se hace tangente a la FPP. Gráficamente sería de la siguiente manera:

**Figura 5. Frontera de Posibilidades de Producción y Curva de Indiferencia.**



Fuente: Eficiencia Técnica, Eficiencia Económica Y Eficiencia Dinámica – Ivan Cachanosky.

Se puede observar en la figura 5, que el cuadrado muestra el punto en donde la FPP y la curva de indiferencia son tangentes. En ese punto se igualan una situación de eficiencia técnica que además es demandada por los consumidores. Por lo tanto, ese y sólo ese punto de la FPP representan la eficiencia económica. La gente se encuentra demandando cierta cantidad de barcos y de lanchas (el cuadrado negro en la figura) y además se están utilizando todos los recursos produciendo sobre la FPP. Cualquier otro punto sobre la FPP no logra la eficiencia económica, solo logra la eficiencia técnica. Es importante volver a destacar que lo importante es lograr la eficiencia económica ya que de nada nos sirve ser eficientes para producir barcos y

lanchas si después no serán demandados. Simplemente estaríamos desperdiciando recursos, destruyendo capital. Si se produce un avance tecnológico y la FPP se desplaza hacia la derecha, la nueva FPP se encontrará con una mayor curva de indiferencia brindando un nuevo punto de eficiencia económica.

***Supuestos básicos y solución de la teoría neoclásica al problema de la asignación de recursos. (Ibarra, 1970)***

Según la teoría neoclásica del bienestar, dada una distribución inicial de la propiedad de los recursos escasos, si todos los problemas que requieren una decisión económica se resolviesen por medio de la operación de mercados de competencia perfecta, se llegaría a maximizar en el tiempo, el bienestar individual y colectivo de todos los que intervienen en el proceso económico, en el doble papel de aportadores de recursos escasos al proceso de producción y de usuarios del producto social obtenido.

Para llegar a demostrar estas hipótesis hay que postular la existencia de funciones de bienestar para cada individuo. Dichas funciones permitirán comparar las situaciones relativas de bienestar de los mismos, ante distintas posiciones de consumo y de aporte de los factores que poseen al proceso de producción.

La operación de mercados de competencia perfecta con todas las implicaciones conocidas en cuanto a la estructura y funcionamiento de dichos mercados conducirla automáticamente a obtener a través del sistema de precios de equilibrio general la maximización, en el tiempo, de las funciones de bienestar. El resultado a que se llega se conoce con el nombre de "óptimo de Pareto". Este se define como aquella estructura de consumo y de aporte de factores en que ningún individuo podría estar mejor en otra situación cualquiera concebible, sin perjudicar la situación de otro individuo.

Dentro de este esquema la actuación racional de cada unidad económica colocada en una situación perfectamente competitiva llevaría a soluciones de mercado que serían óptimas (en el sentido antes indicado) tanto en lo que se refiere a magnitudes físicas involucradas como a precios unitarios de las mismas.

El problema de la asignación de recursos quedaría resuelto, al nivel micro-económico, por las decisiones individuales de los empresarios competitivos, al elegir las alternativas de inversión que maximicen sus beneficios (que es la conducta racional que se espera de ellos). Los elementos de juicio de los empresarios para calcular los beneficios de las distintas alternativas serían las relaciones entre insumos y productos que las caracterizan y los precios de competencia del mercado, que para ellos son datos. Como, en general, las diversas alternativas implican decisiones cuyos resultados dependen no sólo de lo que está sucediendo en el presente sino también de lo que sucederá en el futuro, durante el período de duración de la inversión fija necesaria los empresarios deben tener además un juicio formado sobre la evolución que pueden experimentar los datos comentados en ese período.

Una vez elegidas las alternativas de inversión queda definido el problema de la asignación de recursos al poner en marcha esos proyectos, para lo cual los empresarios tienen que contratar el uso del resto de los recursos necesarios en las técnicas de producción elegidas.

El paso de una situación de equilibrio a otra en que el nivel de producción es mayor, puede ocurrir de varias maneras. Se podría, por ejemplo, suponer una situación de equilibrio con pleno uso de los recursos existentes, en que éstos no aumenten pero en que se inventen nuevas tecnologías que podrían producir las mismas cosas que se estaban produciendo, con un empleo menor de recursos.

Otra alternativa sería que la disponibilidad de recursos aumente paulatinamente (la fuerza de trabajo crece y se generan nuevos ahorros, por ejemplo), lo que tendería a bajar los precios relativos de dichos recursos, con posibilidades de beneficios para los productores.

Una tercera alternativa sería la de un cambio autónomo en la demanda global provocado por fuerzas exógenas al sistema competitivo (por ejemplo: cambio en los gustos, aumento de la demanda externa, o gastos autónomos del gobierno, etc.) que produciría cambios en la demanda de los diferentes productos según las preferencias relativas de los consumidores. Estos cambios de demanda provocarían cambios de precios de los bienes finales, abriendo oportunidades de producción con beneficios extraordinarios en las ramas en que hubiese aumentos de precios.

Las dos primeras alternativas, que iniciarían un proceso de aumento de la producción sobre los niveles de equilibrio iniciales, serían originadas por el lado de la oferta y la tercera por el lado de la demanda. Estas situaciones pueden, sin embargo, coexistir, o bien alternarse pero de cualquier modo, una vez iniciada la perturbación de la situación de equilibrio inicial, el mecanismo de la competencia tendería a ajustar el sistema a una nueva posición de equilibrio, a un nivel más alto de producción.

Desde el punto de vista del uso de los recursos, en cualquier caso, éstos se irían asignando a medida que los empresarios tomasen sus decisiones de inversión, según la regla de maximización de los beneficios esperados en las diversas alternativas.

## **1.6 DISEÑO METODOLÓGICO**

### **1.6.1 Tipo de investigación**

El tipo de investigación del trabajo de grado a desarrollar será de tipo correlacional, debido a que pretende establecer una relación entre los años de vida perdidos por enfermedad diarreica en niños menores de 5 años y la asignación de recursos destinados al saneamiento básico y alcantarillado bajo la metodología de análisis envolvente de datos.

### **1.6.2 Metodología**

Lo primero por hacer será estimar la carga de enfermedad por diarrea (AVPP) mediante la siguiente fórmula:

$$AVPP = \sum d_x (e^* - e_x)$$

Luego mediante el análisis envolvente de datos, se obtendrán unas variables inputs y outputs mediante un proceso de optimización, que no es más que construir una curva óptima y los municipios se compararán con esa curva, de esta compara

ción saldrán los rankings de eficiencia, todos los puntos que estén por encima o por debajo de esa curva son ineficientes, o usan mucho de un producto o usan muy poco de otro, por ende la curva de eficiencia la compondrán los inputs y outputs más eficientes en términos de productividad.

El proceso análisis envolvente de datos mostrará en que porcentaje se deben disminuir o aumentar los inputs y los outputs para que sean óptimos, es decir, cuantos insumos o productos (recursos) se debe quitar o agregar para pertenecer al 100%, para pertenecer a la curva de eficiencia y dicha ineficiencia podrá acabarse mediante la reasignación de los recursos.

Se realizará un modelo de regresión lineal múltiple en donde se analizarán los datos de eficiencia técnica de la gestión de los recursos en sanidad frente a los datos de la carga de enfermedad por diarrea en menores de cinco años. El análisis de regresión múltiple permitirá examinar la relación existente entre la variable dependiente (APVP) y cada una de las variables independientes por separado; estableciendo así el grado de relación existente. Se quiere demostrar si dado que un municipio cuenta con una mala eficiencia asignativa tendrá mayor probabilidad de tener alta mortalidad por diarrea y por ende los APVP de los niños menores de 5 años serán mayores. Esto es muy importante pues al mirar la probabilidad ya se está mirando el impacto que tiene la eficiencia asignativa de recursos en la mortalidad de los niños menores de cinco años en Colombia.

La siguiente es la estructura del modelo de regresión lineal:

$$Y = b_0 + b_1 * x_1 + b_2 * x_2 + b_3 * x_3 + b_4 * x_4 \dots$$

Además de las variables de eficiencia asignativa de recursos, mortalidad por EDA de los municipios se deben mirar otras variables ambientales que el DNP no tiene en cuenta a la hora de determinar la eficiencia de los municipios las cuales son la vulnerabilidad del suministro (IIRA),

la ineficiencia de la gestión municipal, porcentaje de población vacunada, recursos hospitalarios por cada mil personas, dispersión poblacional, entre otras variables ambientales.

Stata será el programa econométrico que será utilizado para la realización del modelo.

### **1.6.3 Definición y Operacionalización de las Variables**

#### **Variables de mortalidad.**

Mortalidad infantil por EDA en menores de 5 años en Colombia y AVPP

#### **Variables de eficiencia.**

Agua producida

Viviendas conectadas

Horas prestación servicio

Inversión APSB 2010-2012

#### **Variables ambientales o no controlables.**

Vacuna de rotavirus

#### **1.6.3.1 Definiciones conceptuales**

##### **APVP**

Los años de vida potencial perdidos por una persona son aquellos que ella deja de vivir por muerte prematura, o sea cuando ésta ocurre antes de llegar a la edad que coincide con la esperanza de vida propia de la población a la que pertenece. La suma de los años de vida

potencial perdidos por todas las personas que en una comunidad fallecen por todas las causas durante un cierto periodo será el total de AVPP, y la división de ese total por el número de habitantes  $N$  dará a conocer el número de años de vida potencial que se pierde en esa población por cada habitante. (Londoño Fernández, 1995)

## **DEA**

DEA es una técnica de medición de la eficiencia basada en la obtención de una frontera de eficiencia a partir del conjunto de observaciones que se considere sin la estimación de ninguna función de producción, es decir, sin necesidad de conocer ninguna forma de relación funcional entre inputs y outputs<sup>6</sup>. Es en definitiva una alternativa para extraer información de observaciones frente a los métodos paramétricos cuyo objetivo es la obtención de un hiperplano que se ajuste lo mejor posible al conjunto de observaciones. (Fuentes Pascual, 2011)

### **Eficiencia Técnica**

La eficiencia técnica refleja si los recursos son explotados al máximo de su capacidad productiva o no. Es decir, si hay capacidad ociosa de los factores productivos o si están siendo usados al cien por ciento. En economía, hay un famoso gráfico llamado Frontera de Posibilidades de Producción (FPP) que resume esta idea.(Cachanosky, 2012)

### **Eficiencia Asignativa**

La eficiencia asignativa se refiere a la combinación de los factores productivos de forma que dicha combinación resulte ser la más barata.(García Prieto, 2002)

La eficiencia asignativa consiste para Farrell (1957) en elegir, de entre las combinaciones de inputs y outputs técnicamente eficientes, aquella que resulta más barata según los precios de los inputs.

### 1.6.3.2 Operacionalización de las variables

**Tabla 1. Operacionalización de las Variables**

<b>Variable</b>	<b>Fuente</b>	<b>Indicador</b>
Mortalidad infantil por EDA en menores de 5 Años en Colombia	INS (Instituto Nacional de Salud).	Tasa de mortalidad infantil por EDA (total muertes por EDA/ número de nacimientos)
APVP	Construcción propia.	Sumatoria de los años que dejaron de vivir los niños menores de 5 años.
Afiliados RS	DNP – Sicep (sistema de captura de ejecución presupuestal municipal) del año 2012.	Afiliados régimen subsidiado 2012
Inversión RS	DNP - Sicep (sistema de captura de ejecución presupuestal municipal) del año 2012.	Inversión en régimen subsidiado 2012 (sin reservas, pago déficit, superintendencia e interventoría RS) millones de pesos
Gastos Ss Ps	DNP - Sicep (sistema de captura de ejecución presupuestal municipal) del año 2012.	Gastos servicios personales (nómina, aportes + órdenes de prestación de servicios) destinado a las labores de focalización, aseguramiento e interventoría de los contratos de régimen subsidiado en 2012. (millones de pesos 2011)
Agua producida	DNP - Sicep (sistema de captura de ejecución presupuestal municipal) del año 2012.	Metros cúbicos de agua producida (zona urbana y centros poblados), 2012

Viviendas conectadas	DNP - Sicep (sistema de captura de ejecución presupuestal municipal) del año 2012.	Número de viviendas conectadas al servicio de acueducto (zona urbana y centros poblados), 2012
Horas Prestación Servicio	DNP - Sicep (sistema de captura de ejecución presupuestal municipal) del año 2012.	Promedio mensual del número de horas de prestación del servicio de acueducto (zona urbana y centros poblados), 2012
Inversión APSB 2010-2012	DNP	Inversión total en agua potable y saneamiento básico para la prestación del servicio de los últimos tres años (millones de pesos de 2012).
ÍIRCA	DNP - Sicep (sistema de captura de ejecución presupuestal municipal) del año 2012.	Índice de riesgo de calidad del agua (promedio - IRCA Absoluto, Reescalado)
DPT	Ministerio de Salud del año 2010.	Porcentaje de niños menores de un año vacunados contra la Disferia, Tos Ferina y Tétanos.
Vacuna de Rotavirus	Ministerio de Salud de Colombia.	Porcentaje de población vacunada contra rotavirus, por municipio.
Recursos hospitalarios	Ministerio de Salud de Colombia.	Recursos hospitalarios por cada mil personas

**Fuente:** Elaboración propia, año 2015

## **1 CARACTERIZACIÓN DEL SERVICIO SANITARIO Y LA ENFERMEDAD DIARREICA AGUDA EN COLOMBIA.**

### **1.1 EL SERVICIO DE AGUA POTABLE Y SANEAMIENTO BÁSICO EN COLOMBIA.**

Los servicios públicos domiciliarios; la electricidad, el servicio de acueducto, el alcantarillado y las telecomunicaciones son cada día más necesarios para que las economías muestren signos de alta eficiencia y productividad, y de igual manera para que la sociedad tenga garantizada una buena calidad de vida y salud. Más concretamente, son los servicios de acueducto y alcantarillado los que garantizan en mayor proporción que la sociedad goce de buena salud; es evidente y se hace notorio resaltar que las familias que cuentan con estos servicios tienen la posibilidad de realizar aseos personales continuos, de mantener limpios e higienizados sus alimentos, de mantener los ambientes del hogar higienizados, entre otros beneficios.

Según el estudio del CRA “Regulación de Agua Potable y Saneamiento básico”; durante varias décadas el estado tuvo el monopolio en la provisión de dichos servicios, inicialmente este esquema tuvo resultados satisfactorios, sin embargo, a finales de los años ochenta del siglo XX, el esquema decayó al presentar incrementos limitados en cobertura, deficiencia en la calidad del servicio y bajos niveles de eficiencia operacional. A raíz de esto, con la creación de la nueva constitución política hacia el año de 1991 se establece que entes particulares podrán prestar dichos servicios públicos. Sin embargo fue la ley 142 de 1994 quien realmente consolida este proceso debido a que propicia la participación privada en la prestación de los servicios y de esta manera atrae a los entes particulares hacia la creación de empresas prestadoras de servicios públicos domiciliarios. [CRA, 2012](#))

Dicha ley también fija las competencias y responsabilidades referentes a la prestación de los servicios públicos, la cobertura y financiación, entre otros factores. Son los municipios aquellos que, cuando cuenten con las características técnicas y económicas necesarias, prestaran por si

mismos los servicios. Los departamentos únicamente desempeñaran el papel de acompañantes y coordinadores de los municipios. (Secretaría General de la Alcaldía Mayor de Bogotá, 1994)

Además, esta ley deja claro el rol del sector público en la prestación de los servicios públicos, principalmente tiene el papel de regulador y es el encargado del control y vigilancia así como también de destinar importantes recursos de inversión y crédito a proyectos que tenga que ver con el mejoramiento y/o ampliación de los servicios de acueducto, saneamiento básico, energía eléctrica y comunicaciones.

Intentando que se realice una distribución efectiva de los recursos destinados a la prestación de los servicios públicos, se crea el Sistema General de Participaciones (SGP), mediante la ley 715 de 2001, el cual se encarga de fijar montos y la distribución de los recursos en materia de educación, salud, agua potable, y saneamiento básico para cada uno de los entes territoriales.

Según el documento 153 del Conpes Social (Distribución del SGP en APSB desarrollado por el Consejo Nacional de Política Económica y Social, La distribución procedió de la siguiente manera; 58,5% para el sector educación. 24,5% para el sector salud y 17,0% de los recursos serán destinados a propósitos generales de los cuales el 41% será destinado para la ejecución y el desarrollo en el ámbito de agua potable y saneamiento básico.

Sin embargo, el documento indica que para el 2007 se hace una reforma del SGP en Agua Potable y Saneamiento Básico, esto debido a que la Ley 715 de 2001 no definía una Participación específica para Agua Potable y Saneamiento Básico. De acuerdo con lo establecido por esta norma, los recursos para financiar inversiones en este sector estaban incluidos en la participación de Propósito General de forzosa inversión, la cual se distribuía entre los distritos y municipios con base en los siguientes criterios: i) Población del municipio (40%); ii) Nivel de pobreza (40%); iii) Eficiencia fiscal (10%); y iv) Eficiencia administrativa (10%). Una vez determinada la participación de cada municipio en este componente y descontados los recursos que pudiera dirigir a libre destinación, como mínimo el 41% debería ser orientado a proyectos de Agua Potable y Saneamiento Básico- APSB.

Además, según el escrito, dichos criterios no tomaban en cuenta las necesidades o capacidades sectoriales y en consecuencia generaban asimetrías entre la distribución del SGP para agua potable y saneamiento básico y las necesidades locales, evidenciadas en una baja correlación

entre la asignación per cápita y los indicadores del sector. En adición a lo anterior, no se contaba con incentivos para la adecuada utilización de estos recursos, lo cual limitó su impacto en la ampliación de cobertura y calidad del servicio.

Mientras que el Acto Legislativo 04 de 2007 incluyó en la composición del Sistema General de Participaciones una participación específica para Agua Potable y Saneamiento Básico que representa el 5,4% del total de estos recursos, valor equivalente a lo que históricamente se debía destinar al sector dentro de la participación de Propósito General.

Además de que en el proceso de reglamentación de dicho acto legislativo, la Ley 1176 de 2007 estableció la metodología y los criterios de distribución de los recursos destinados a este sector, incluyó a los departamentos entre los beneficiarios de los mismos (15% de la participación sectorial), definió las actividades financiables con estos recursos y creó el proceso de certificación como un mecanismo para impulsar la prestación eficiente y adecuada de los servicios públicos de acueducto, alcantarillado y aseo.

Según esta ley los efectos generales de la reforma al SGP, relacionados con la participación de Agua Potable y Saneamiento Básico se concentran principalmente en los efectos redistributivos de los criterios de asignación, que generan una mayor participación per cápita en departamentos y municipios con menores coberturas y mayor población por atender. Por efecto de la reforma, la asignación per cápita de la participación de Agua Potable y Saneamiento Básico aumentó en aquellos municipios con mayores necesidades sectoriales y concentración de pobreza. (Consejo Nacional de Política Económica y Social, 2012).

### **1.1.1 Organismos responsables de la prestación y gestión del recurso de APSB**

El servicio público domiciliario de agua potable y saneamiento básico así como todos los demás servicios públicos cuenta con órganos los cuales se encargan de la gestión de los recursos hídricos. Es decir, todo lo relacionado con la conservación del recurso hídrico, con su uso eficiente, su demanda, el cuidado de los ecosistemas promovido por un desarrollo económico y social, entre otros.

Desde la nación se manejan estos recursos, los cuales están a cargo de unos órganos que mencionaremos a continuación; así como también los departamentos y municipios cuentan con sus propios órganos. Todos cumplen una función distinta pero están encaminados hacia un mismo fin.

### **Nación**

- Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial
- Dirección Nacional De Planeación
- Ministerio de la Protección Social
- Instituto de Hidrología, Meteorología y estudios Ambientales
- Instituto de Investigaciones Geológicas y Mineras (Ingeominas)
- Comisión Reguladora de Agua potable y Saneamiento (CRA)
- Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios (SSPD)

### **Región**

- Autoridades Ambientales Competentes (AAC)

### **Departamento**

- Direcciones Departamentales, Distritales y Municipales de salud

### **Municipios**

- Servicios Públicos de Acueducto y Alcantarillado.

## **1.2 SITUACIÓN EN MATERIA DE ACUEDUCTO, ALCANTARILLADO Y ASEO EN COLOMBIA - ANÁLISIS DEPARTAMENTAL.**

Los indicadores de acceso a los sistemas de acueducto y alcantarillado se han determinado en relación a las coberturas, en este sentido, Colombia continúa presentado insuficientes niveles de cobertura y deficiencias en la calidad de los servicios ofrecidos.

De acuerdo al estudio 20 años de regulación de los servicios públicos domiciliarios de acueducto, Alcantarillado y Aseo en Colombia, en 1993 la cobertura en acueducto a nivel nacional llegaba hasta al 77,7% de las viviendas y en 2005 a 81,9% de las viviendas. La cobertura en alcantarillado para los años 1993 y 2005 fueron de 62% y 73% aproximadamente. En el caso del Aseo, la cobertura para los mismos años comprendidos fue de 61% y 72% respectivamente, cifras que no han cambiado sustancialmente desde entonces, a pesar de ser obligatoria para el Estado la provisión universal de estos servicios. (Comisión de Regulación de Agua Potable y Saneamiento Básico, 2014)

En el 2008, la Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios – SSPD estimó coberturas de acueducto y alcantarillado de 61,1% y 46,9% respectivamente en el total nacional. (Contraloría General, 2011)

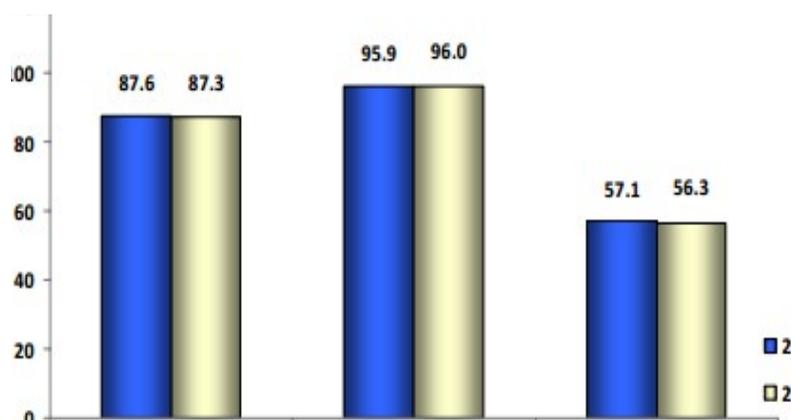
Finalmente según dicho estudio de la CRA, en el 2012 se estimaron coberturas de 91,6% y 85,8% respectivamente en el total nacional y aseo para el 2011 de 78,4% .

Se hace necesario aclarar que el acceso a la conexión al sistema de acueducto no garantiza el suministro del agua potable apta para consumo humano. El IRCA muestra si el agua estudiada es apta o no para el consumo humano y a pesar de que para el 2012 se registran altos porcentajes de cobertura; los índices de riesgo de calidad de agua son muy desalentadores.

### **1.2.1 Coberturas en Acueducto y Alcantarillado por Departamentos para el año 2011.**

De acuerdo a la Encuesta de Calidad de Vida, en 2011, el 87,3% de los hogares colombianos contaba con servicio de acueducto, 87,6% en 2010, para este mismo año la cobertura de servicio de acueducto para las cabeceras fue 96,0% y en el resto del país fue del 56,3%. (Ver Figura 6)

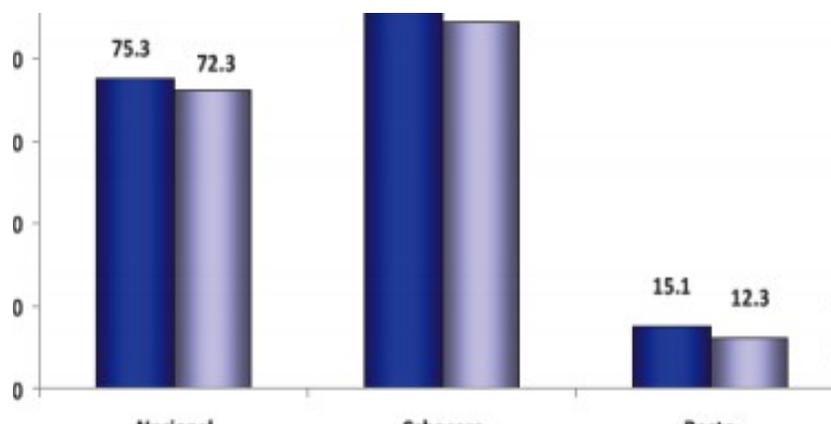
**Figura 6. Porcentaje de hogares con acceso al servicio de Acueducto 2010 - 2011. Total nacional, cabecera y resto.**



Fuente: DANE - ENCV (2010-2011).

Así mismo, según la encuesta “el servicio de alcantarillado en el año 2011 alcanzó el 72.3% de los hogares del país, lo que representó una disminución de tres (3) puntos porcentuales respecto a la cobertura registrada en el 2010, cuando el servicio cubría 75.3% de los hogares, los resultados de la encuesta arrojan un 89.1% de cobertura de este servicio para las cabeceras municipales y un 12.3% para el resto” (Ver Figura 7). (C. DANE, 2012).

**Figura 7. Porcentaje de hogares con acceso al servicio de Alcantarillado 2010 - 2011. Total nacional, cabecera y resto.**



Fuente: DANE - ENCV (2010-2011).

### 1.2.2 Coberturas en el Servicio de Aseo por Departamentos para el año 2011.

Según datos obtenidos de la ENCV (2010-2011), para el año 2011, en Colombia existen 71,5% hogares en el total nacional y 88,3% en cabeceras que cuentan con “inodoro conectado a alcantarillado. En el resto, se observó una disminución de 2,0 puntos porcentuales, pasando de 13,4 en el 2010 a 11,4 en el 2011.

En 2011; por su parte los “hogares sin servicio sanitario” disminuyeron en el total nacional y en cabeceras pasando de 4,9% en 2010 a 4,6% en 2011 y de 1,7% en 2010 a 1,3% en 2011, respectivamente. En el resto se mantuvo en 16,5 % en 2011.

En cuanto al porcentaje de “hogares con inodoro conectado a pozo séptico” aumentó en las cabeceras al pasar de 5,4% a 7,4%, igualmente en el resto se registró un aumento, pasó de 57,0% en 2010 a 57,4% en 2011. (Tabla 2).

Se encuentra también que existen “hogares con inodoro sin conexión”, para el 2010 la cabecera presentó un porcentaje de hogares con este tipo de servicio sanitario del 1,5%, aumentando para el 2011 a 2,2%. En cuanto al resto, se presentó un aumento, paso de 8,7% en el 2010 a 9,1% en el 2011.

***Tabla 2. Porcentaje de hogares por tipo de servicio sanitario ENCV (2010 – 2011) Total nacional, cabecera y resto.***

		inodoro conectado a alcantarillado	inodoro conectado a pozo	hogares con inodoro sin conexión	hogares sin servicio sanitario	Otros*	Total
<b>Total nacional</b>	<b>2010</b>	74,0	16,5	3,1	4,9	1,6	100,0
	<b>2011</b>	71,5	18,3	3,7	4,6	2,0	100,0
<b>Cabecera</b>	<b>2010</b>	90,6	5,4	1,5	1,7	0,8	100,0
	<b>2011</b>	88,3	7,4	2,2	1,3	0,9	100,0
<b>Resto</b>	<b>2010</b>	13,4	57,0	8,7	16,5	4,4	100,0
	<b>2011</b>	11,4	57,4	9,1	16,5	5,5	100,0

Fuente: DANE - ENCV (2010-2011).

A continuación se mencionarán las coberturas en Acueducto y Alcantarillado por Departamentos para el año 2011; esta información fue recopilada del informe "Actualización de indicadores – sector de servicio de agua potable, alcantarillado y saneamiento básico de cámara de aguas y aseo Andesco". (Camara de Aguas y Aseo Andesco, 2012).

#### **Antioquia:**

El Departamento de Antioquia registra una cobertura total en agua potable del 80% lo que significa que se registró una población servida de 1,916,022 habitantes, en cuanto al servicio de alcantarillado el departamento cuenta con una cobertura total nacional del 72% equivalente a una población servida de 1,532,002 habitantes.

#### **Arauca:**

El Departamento de Arauca registra una cobertura total en agua potable del 59% lo que significa que se registró una población servida de 130,626 habitantes, en cuanto al servicio de alcantarillado el departamento cuenta con una cobertura total nacional del 53% equivalente a una población servida de 117,221 habitantes.

#### **San Andrés:**

El Departamento de Arauca registra una cobertura total en agua potable del 22% lo que significa que se registró una población servida de 15,370 habitantes, en cuanto al servicio de alcantarillado el departamento cuenta con una cobertura total nacional del 9% equivalente a una población servida de 6,377 habitantes.

#### **Atlántico:**

El Departamento del Atlántico registra una cobertura total en agua potable del 87% lo que significa que se registró una población servida 1,916,022 habitantes, en cuanto al servicio de alcantarillado el departamento cuenta con una cobertura total nacional del 73% equivalente a una población servida de 1,532,002 habitantes.

### **Bogotá, D.C.**

El Departamento del Bogotá, D.C. registra una cobertura total en agua potable del 82% lo que significa que se registró una población servida 6,088,431 habitantes, en cuanto al servicio de alcantarillado el departamento cuenta con una cobertura total nacional del 80% equivalente a una población servida de 5,986,673 habitantes.

### **Bolívar:**

El Departamento del Bolívar registra una cobertura total en agua potable del 84% lo que significa que se registró una población servida 908,209 habitantes, en cuanto al servicio de alcantarillado el departamento cuenta con una cobertura total nacional del 77% equivalente a una población servida de 738,132 habitantes.

### **Boyacá:**

El Departamento del Boyacá registra una cobertura total en agua potable del 53% lo que significa que se registró una población servida 475,933 habitantes, en cuanto al servicio de alcantarillado el departamento cuenta con una cobertura total nacional del 51% equivalente a una población servida de 422,602 habitantes.

### **Caldas:**

El Departamento de Caldas registra una cobertura total en agua potable del 65% lo que significa que se registró una población servida 575,476 habitantes, en cuanto al servicio de alcantarillado el departamento cuenta con una cobertura total nacional del 59% equivalente a una población servida de 526,094 habitantes.

### **Caquetá:**

El Departamento del Caquetá registra una cobertura total en agua potable del 61% lo que significa que se registró una población servida 199,601 habitantes, en cuanto al servicio de alcantarillado el departamento cuenta con una cobertura total nacional del 47% equivalente a una población servida de 118,817 habitantes.

### **Casanare:**

El Departamento del Casanare registra una cobertura total en agua potable del 63% lo que significa que se registró una población servida 176,564 habitantes, en cuanto al servicio de alcantarillado el departamento cuenta con una cobertura total nacional del 62% equivalente a una población servida de 175,121 habitantes.

#### **Cauca:**

El Departamento del Cauca registra una cobertura total en agua potable del 68% lo que significa que se registró una población servida 382,990 habitantes, en cuanto al servicio de alcantarillado el departamento cuenta con una cobertura total nacional del 61% equivalente a una población servida de 309,035 habitantes.

#### **Cesar:**

El Departamento del Cesar registra una cobertura total en agua potable del 72% lo que significa que se registró una población servida 162,181 habitantes, en cuanto al servicio de alcantarillado el departamento cuenta con una cobertura total nacional del 70% equivalente a una población servida de 156,576 habitantes.

#### **Chocó:**

El Departamento del Choco registra una cobertura total en agua potable del 24% lo que significa que se registró una población servida 37,792 habitantes, en cuanto al servicio de alcantarillado el departamento cuenta con una cobertura total nacional del 11% equivalente a una población servida de 16,392 habitantes.

#### **Córdoba:**

El Departamento del Córdoba registra una cobertura total en agua potable del 55% lo que significa que se registró una población servida 519,609 habitantes, en cuanto al servicio de alcantarillado el departamento cuenta con una cobertura total nacional del 26% equivalente a una población servida de 203,944 habitantes.

#### **Cundinamarca:**

El Departamento de Cundinamarca registra una cobertura total en agua potable del 63% lo que significa que se registró una población servida 1,395,960 habitantes, en cuanto al servicio de alcantarillado el departamento cuenta con una cobertura total nacional del 52% equivalente a una población servida de 1,065,204 habitantes.

#### **Guaviare:**

El Departamento del Guaviare registra una cobertura total en agua potable del 40% lo que significa que se registró una población servida 28,292 habitantes, en cuanto al servicio de alcantarillado el departamento cuenta con una cobertura total nacional del 32% equivalente a una población servida de 22,217 habitantes.

#### **Huila:**

El Departamento del Huila registra una cobertura total en agua potable del 43% lo que significa que se registró una población servida 221,167 habitantes, en cuanto al servicio de alcantarillado el departamento cuenta con una cobertura total nacional del 43% equivalente a una población servida de 212,604 habitantes.

#### **La Guajira:**

El Departamento de La Guajira registra una cobertura total en agua potable del 43% lo que significa que se registró una población servida 221,167 habitantes, en cuanto al servicio de alcantarillado el departamento cuenta con una cobertura total nacional del 43% equivalente a una población servida de 230,644 habitantes.

#### **Magdalena:**

El Departamento del Magdalena registra una cobertura total en agua potable del 70% lo que significa que se registró una población servida 461,990 habitantes, en cuanto al servicio de alcantarillado el departamento cuenta con una cobertura total nacional del 44% equivalente a una población servida de 56,733 habitantes.

#### **Meta:**

El Departamento del Meta registra una cobertura total en agua potable del 68% lo que significa que se registró una población servida 391,071 habitantes, en cuanto al servicio de alcantarillado el departamento cuenta con una cobertura total nacional del 69% equivalente a una población servida de 394,230 habitantes.

#### **Nariño:**

El Departamento de Nariño registra una cobertura total en agua potable del 56% lo que significa que se registró una población servida 283,297 habitantes, en cuanto al servicio de alcantarillado el departamento también cuenta con una cobertura total nacional del 56% equivalente a una población servida de 281,784 habitantes.

#### **Norte de Santander:**

El Departamento de Norte de Santander registra una cobertura total en agua potable del 85% lo que significa que se registró una población servida 777,785 habitantes, en cuanto al servicio de alcantarillado el departamento también cuenta con una cobertura total nacional del 82% equivalente a una población servida de 737,158 habitantes.

#### **Putumayo:**

El Departamento de Putumayo registra una cobertura total en agua potable del 11% lo que significa que se registró una población servida 20,882 habitantes, en cuanto al servicio de alcantarillado el departamento también cuenta con una cobertura total nacional del 12% equivalente a una población servida de 15,786 habitantes.

#### **Quindío:**

El Departamento de Quindío registra una cobertura total en agua potable del 79% lo que significa que se registró una población servida 433,889 habitantes, en cuanto al servicio de alcantarillado el departamento también cuenta con una cobertura total nacional del 78% equivalente a una población servida de 426,416 habitantes.

#### **Risaralda:**

El Departamento de Risaralda registra una cobertura total en agua potable del 79% lo que significa que se registró una población servida 707,552 habitantes, en cuanto al servicio de alcantarillado el departamento también cuenta con una cobertura total nacional del 77% equivalente a una población servida de 646,764 habitantes.

#### **Santander:**

El Departamento de Santander registra una cobertura total en agua potable del 69% lo que significa que se registró una población servida 1,210,153 habitantes, en cuanto al servicio de alcantarillado el departamento también cuenta con una cobertura total nacional del 66% equivalente a una población servida de 1,141,916 habitantes.

#### **Sucre:**

El Departamento de Sucre registra una cobertura total en agua potable del 62% lo que significa que se registró una población servida 272,392 habitantes, en cuanto al servicio de alcantarillado el departamento también cuenta con una cobertura total nacional del 55% equivalente a una población servida de 244,678 habitantes.

#### **Tolima:**

El Departamento de Tolima registra una cobertura total en agua potable del 66% lo que significa que se registró una población servida 646,698 habitantes, en cuanto al servicio de alcantarillado el departamento también cuenta con una cobertura total nacional del 61% equivalente a una población servida de 602,253 habitantes.

#### **Valle del Cauca:**

El Departamento de Valle del Cauca registra una cobertura total en agua potable del 79% lo que significa que se registró una población servida 3,478,730 habitantes, en cuanto al servicio de alcantarillado el departamento también cuenta con una cobertura total nacional del 75% equivalente a una población servida de 3,290,753 habitantes.

#### **Vaupés:**

El Departamento de Vaupés registra una cobertura total en agua potable del 18% lo que significa que se registró una población servida 6,203 habitantes, en cuanto al servicio de alcantarillado el departamento también cuenta con una cobertura total nacional del 11% equivalente a una población servida de 3,736 habitantes.

#### **Vichada:**

El Departamento de Vichada registra una cobertura total en agua potable del 18% lo que significa que se registró una población servida 9,222 habitantes, en cuanto al servicio de alcantarillado el departamento no presenta registros de la cobertura en alcantarillado para este año.

### **1.2.3 Distribución de la cobertura en acueducto y alcantarillado en los Departamentos de Colombia para el año 2011.**

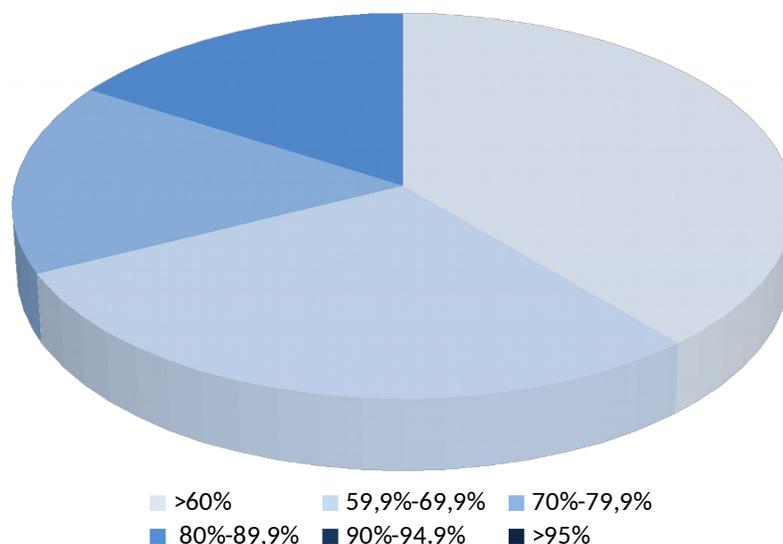
Se han establecido 6 rangos para mostrar la distribución de la cobertura de acueducto y alcantarillado en los departamentos del país; se observa que el 39% de los departamentos presenta una cobertura de menos del 60% en este servicio, de los cuales el 50% corresponde a la región Caribe y Amazónica.

El 29% de los departamentos posee una cobertura entre 59,9% y 69,9%, de los cuales 44,44% corresponden a la región Andina.

Un 16% de los departamentos cuenta con una cobertura de 70% a 79,9, seguido de otro 16% de departamentos que presentan una cobertura entre 80% a 89,9%, predominando la región Andina con un 60% de ese último 16% analizado.

No existe ningún departamento cuya cobertura se encuentre entre los rangos 5 y 6. (Ver Figura 8).

**Figura 8. Distribución de la cobertura en acueducto en los Departamentos de Colombia. 2011**



Fuente: Elaboración propia basado en datos obtenidos de la Camara de Aguas y Aseo Andesco.

La distribución de la cobertura de alcantarillado de los departamentos del país enseña que más del 50% de los departamentos posee una cobertura menor al 60%, de los cuales quienes tienen mayor participación en ese 50% son la región Caribe y Amazónica con 31% y 25% respectivamente.

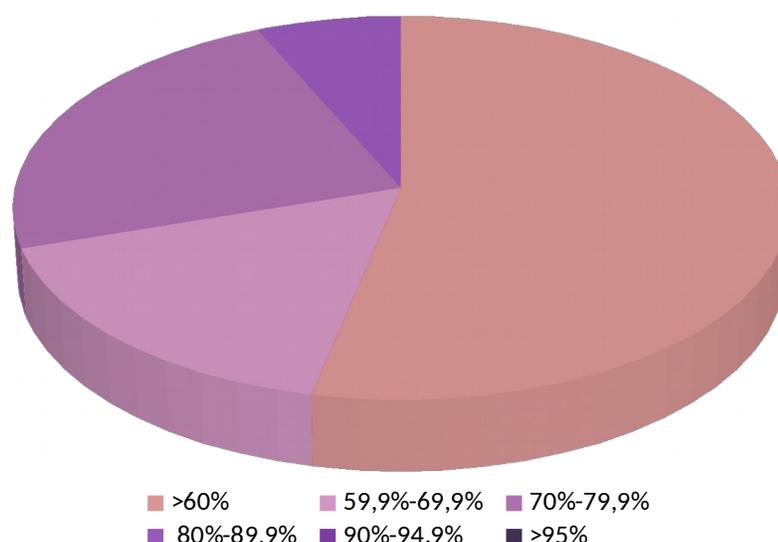
El 17% de los departamentos posee una cobertura entre 59,9% y 69,9%, de los cuales la región Andina y de la Orinoquía presentan las mayores participaciones en ese 17% con un 40% para cada región.. En este rango de cobertura, ni la región Caribe ni la Amazónica presentan datos de cobertura.

Así mismo, un 23% de los departamentos posee una cobertura entre 70% y 79,9%, son la región Caribe y Andina aquellas que presentan las mayores participaciones en ese 23% con un 42,8% para cada región. . En este rango de cobertura, ni la región de la Orinoquía ni la Amazónica presentan datos de cobertura.

Un 9% de los departamentos cuenta con una cobertura entre 80% a 89,9%, siendo la región Andina la única que presenta datos en este rango.

No existe ningún departamento cuya cobertura se encuentre entre los rangos 5 y 6. (ver Figura 9).

**Figura 9. Distribución de la cobertura de alcantarillado en los Departamentos de Colombia. 2011.**



Fuente: Elaboración propia basado en datos obtenidos de la Camara de Aguas y Aseo Andesco.

### **1.3 PRODUCCIÓN DE AGUA Y CONTINUIDAD DEL SERVICIO EN COLOMBIA – ANÁLISIS DEPARTAMENTAL Y MUNICIPAL. (2012)**

Los datos para el año 2012 de las variables que serán mencionadas a continuación fueron obtenidos de Sicep gestión - DNP (El Sistema de Información para la Captura de la Ejecución Presupuestal de Departamentos, Municipios y Resguardos Indígenas), del FUT - DNP (Formulario Único Territorial) y del Instituto nacional de salud; los cuales mostraban información por municipio.

Es necesario aclarar que en el análisis se excluyeron varios municipios debido a que no presentaban información completa, en el análisis municipal simplemente los municipios que no tenían información se tomaban como datos perdidos y a la hora de graficar el mapa de Colombia esos municipios quedan en blanco.

Igualmente en el análisis departamental, se excluyeron aquellos municipios que presentaban información incompleta y no consistente y se realizó una ponderación por departamento para las

variables "Horas prestación de Servicios" e "IRCA"; esto mediante la obtención del promedio aritmético utilizando cada uno de los municipios que presentan información completa para cada departamento.

Para el resto de las variables estudiadas en este primer capítulo se obtienen los datos por departamentos realizando una sumatoria de todos los municipios que hacen parte de un departamento X, y que poseen información completa.

### **1.3.1 Metros cúbicos de agua producida (zona urbana y centros poblados). 2012**

La variable metros cúbicos de agua producida, se mide como  $M^3$  de agua producida en el periodo de 1 año.

Según los datos suministrados por el Sicep, en Colombia se produjeron aproximadamente 3,141,874,191  $m^3$  de agua para el año 2012.

Antioquia fue quien lideró la producción de agua con una producción total de 953,019,739  $m^3$ , produciendo así por tanto el 30.3% del total nacional; le sigue Bogotá, D.C. con una producción de agua de 477,738,408  $m^3$  y en tercer lugar se encuentra Valle del Cauca con 419,869,563  $m^3$ .

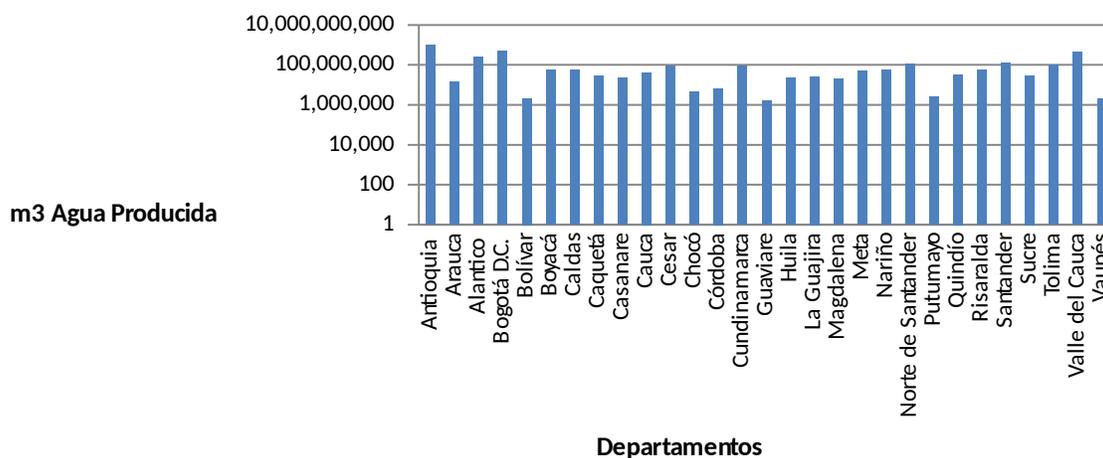
Aquellos departamentos que reportaron la menor producción de agua fueron Guaviare, Vaupés, Putumayo, Bolívar, Chocó y Córdoba encontramos en este orden las menores producciones de

agua potable por departamento a nivel nacional. Guaviare es quien reporta la menor cantidad de agua producida con 1,589,924 m<sup>3</sup> al año, este valor corresponde a tan solo el 0,05% del total nacional (Ver Figura 10)

Se puede explicar que el departamento de Antioquia sea quien evidencia la mayor producción de agua pues es el segundo departamento con mayor cantidad de población en el país, y es el departamento que cuenta con la mayor cantidad de municipios del país.

Dejando claro la gran brecha que existe respecto a la producción de agua producida entre los departamentos con mayor producción de agua y los demás departamentos con baja producción, se evidencia la necesidad y falta de intervención que existe en muchos departamentos, pues, a pesar de que cuentan con una gran extensión geográfica y por ende una cantidad elevada de familias, producen muy poca cantidad de agua, situación preocupante pues es evidente que a causa de esto muchos hogares se quedan sin recibir el servicio de agua potable.

**Figura 10. Agua Producida en los Departamentos de Colombia. 2012. (Metros Cubidos).**



Fuente: Elaboración propia tomando datos de Sicep Gestión (DNP).

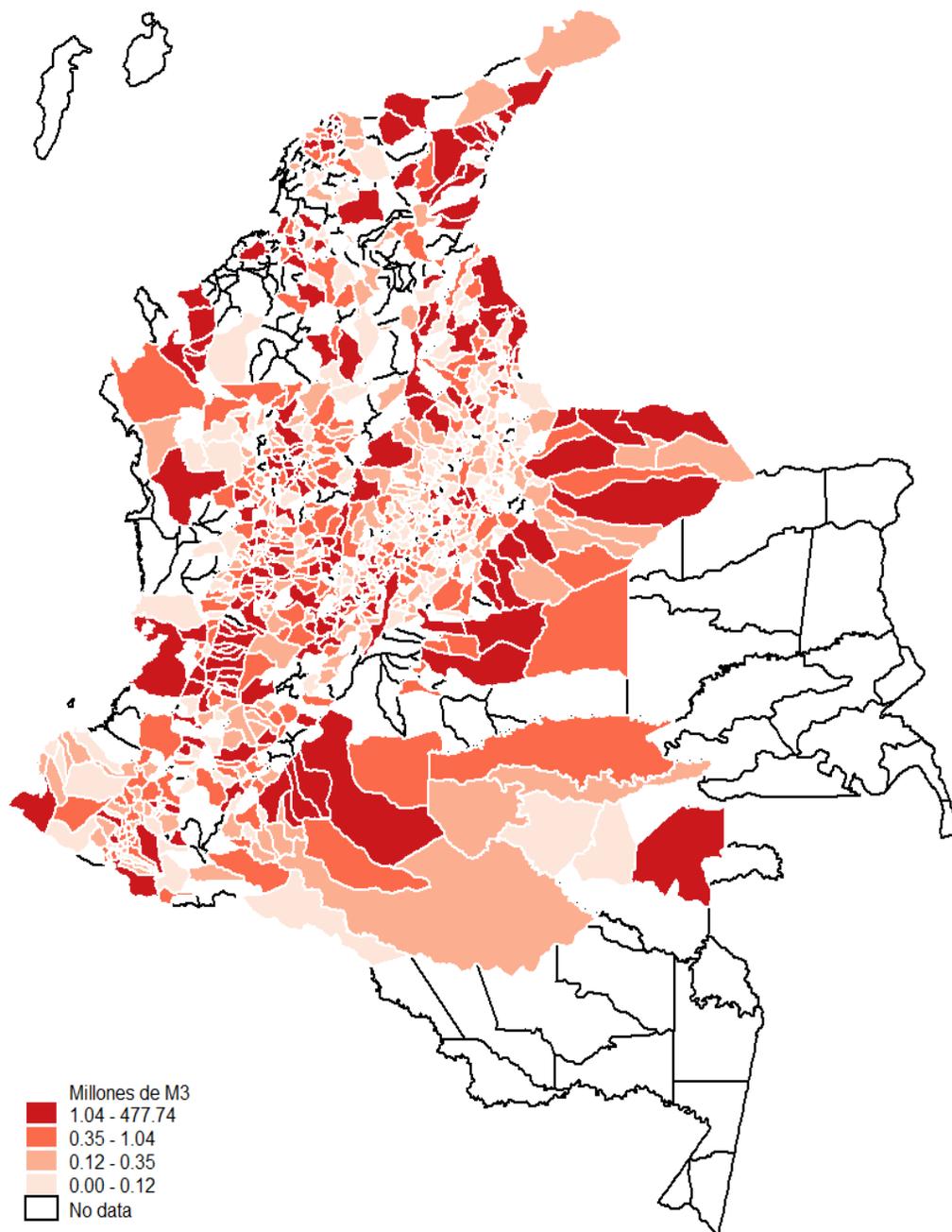
Colombia cuenta actualmente con 1102 municipios sumando a este valor la Isla de San Andrés, de los cuales 797 presentan información completa respecto a las variables a analizar en este primer capítulo, a excepción del IRCA que presenta solo 750 municipios con información completa; los demás 305 y 353 municipios no presentan datos y por ende en los gráficos municipales que se expondrán a continuación estos municipios aparecerán en blanco.

De los 797 municipios analizados se encuentra que 197 municipios se ubican en el rango más bajo de producción de agua de Colombia, producen menos de 112 mil m<sup>3</sup>; 204 producen entre 112 mil y 350 mil m<sup>3</sup> de agua; 241 municipios se encuentran en el rango medio, producen entre 350 mil y 1,4 millones de m<sup>3</sup> en agua y 155 municipios se encuentran en el rango más alto, producen la mayor cantidad de agua del país con un valor entre 1,4 y 477 mil millones de m<sup>3</sup> de agua en Colombia (Ver Mapa 1).

El municipio que menor cantidad de agua produce es Vigía del Fuerte, Antioquia con 2 mil m<sup>3</sup> y el que mayor cantidad de agua produce es Bogotá D.C. con 477 mil millones de m<sup>3</sup> anuales.

***Mapa 1. Agua Producida en los Municipios de Colombia. 2012. (Metros Cúbicos).***

## Agua Producida Millones de M3, 2012



Fuente: Elaboración propia tomando datos de Sicep Gestión (DNP).

### 1.3.2 **Número de Viviendas conectadas al servicio de acueducto (zona urbana y centros poblados).**

Para analizar la variable viviendas conectadas al servicio de acueducto, se compara la cantidad de viviendas conectadas al servicio con la cantidad de viviendas totales por Departamentos.

Al comparar la cantidad de viviendas existentes con la cantidad de viviendas conectadas se encuentra que Quindío es quien lidera el grupo. De la totalidad de viviendas existentes en Quindío el 80% se encuentran conectadas al servicio de acueducto, es decir, 135 mil un total de 169 mil viviendas cuentan con el servicio de acueducto.

Le siguen Atlántico y Bogotá con un total de viviendas conectadas del 78% cada uno. Es decir, en Bogotá, D.C. se encuentran conectadas al servicio de acueducto 1,6 millones de viviendas de un total de 2,1 millones y en Atlántico de 537 mil viviendas existentes 418 mil se encuentran conectadas al servicio.

Los departamentos que menor porcentaje de viviendas conectadas tienen frente a la cantidad de viviendas existentes son Bolívar, Córdoba y Putumayo, con menos del 10% de viviendas totales conectadas al servicio.

16 de los 27 departamentos analizados cuentan con más del 50% de viviendas conectadas al servicio de acueducto y 11 se encuentran por debajo de ese porcentaje.

Lo anterior situación deja en evidencia la existencia de un gran déficit en cuanto al componente viviendas conectadas., aun Faltan muchas viviendas por cubrir, es evidente que el sector público y los entes respectivos deben intervenir de manera inmediata. (Ver figura 11).

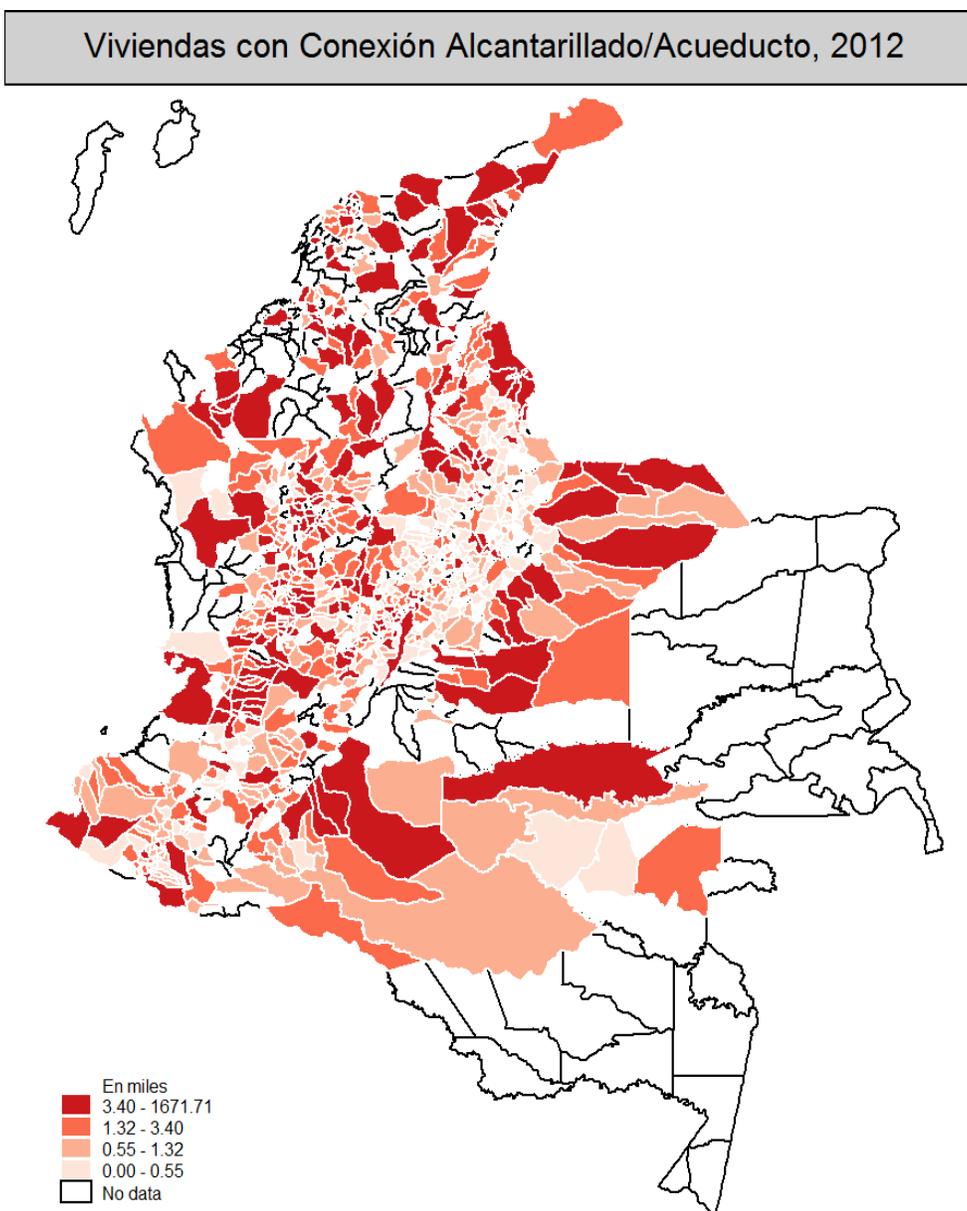
***Figura 11. Número Total Viviendas – Número Viviendas Conectadas***

Fuente: Elaboración propia tomando datos de Sicep Gestión (DNP).

Para el análisis municipal de la variable Viviendas Conectadas al servicio de acueducto se encontró que de 797 municipios analizados, 200 municipios se encuentran en el rango más bajo de esta variable, cuentan con menos de 550 viviendas conectadas al servicio de acueducto; 202 municipios cuentan poseen entre 550 y 1320 viviendas conectadas al servicio; 198 municipios se encuentran en el rango medio, poseen entre 1320 y 3400 casas conectadas al y en el rango más alto, se encontraron a 197 municipios, estos municipios son aquellos que tienen la mayor cantidad de viviendas conectadas al servicio de acueducto en Colombia, poseen entre 3400 y 1,6 millones de viviendas conectadas a dicho servicio. (Ver mapa 2).

El municipio con mayor cantidad de viviendas conectadas es Bogotá, D.C. con 1,6 millones de viviendas conectadas y el de menor cantidad es Vigía del Fuerte, Antioquia con 4 viviendas conectadas.

*Mapa 2. Viviendas conectadas al servicio acueducto/alcantarillado en los Municipios de Colombia. 2012. (Metros Cúbicos).*



Fuente: Elaboración propia tomando datos de Sicep Gestión (DNP).

### **1.3.3 Promedio mensual del número de horas de prestación del servicio de Acueducto. 2012.**

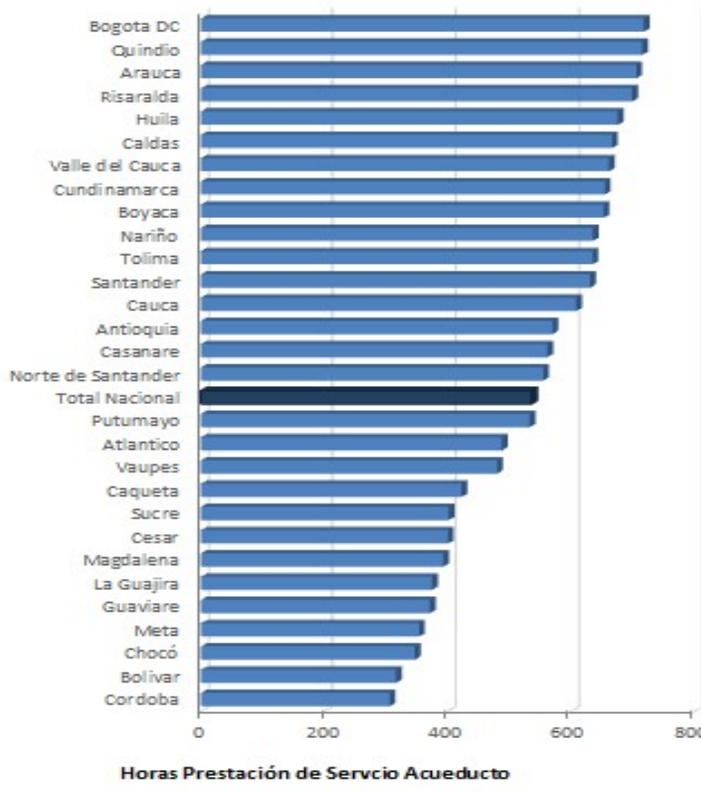
En la Figura 12, se presentan los datos por departamento de las horas de prestación del servicio de acueducto, se debe tener en cuenta que el dato reportado no puede ser superior a 720, pues la periodicidad de la variable es mensual y este valor representa las horas totales de un mes (30 días).

Bogotá D.C es quien más se acerca al número máximo de horas de prestación del servicio de acueducto que pueden prestarse mensualmente, reportando un total de 717 horas mensuales, es decir, el servicio se presta casi 30 días consecutivos, estimando así, que diariamente en Bogotá se prestan al día 23,9 horas en este servicio.

Le siguen Quindío, Arauca, Risaralda, Huila, Caldas, Cundinamarca, Boyacá y Valle del Cauca cada uno con un porcentaje mayor al 90% del total del mes, es decir, si se realiza el análisis mensual se estima que en estos departamentos el servicio se presta entre 27 y 30 días y si se hace el análisis diario se estima que se prestan entre 21,7 y 23,8 horas diarias.

Los departamentos que prestan menos del 50% del total mensual en horas de prestación del servicio de acueducto y que se encuentran por debajo del promedio total nacional son Córdoba, Bolívar, Chocó y Meta con 306, 316, 346,8 y 353,5 horas de prestación del servicio mensuales respectivamente. Adicionalmente cabe resaltar que 13 de 29 departamentos analizados se ubican por debajo del promedio total nacional.

**Figura 12. Número de Horas Prestación del Servicio de Acueducto por Departamentos. Colombia, 2012.**

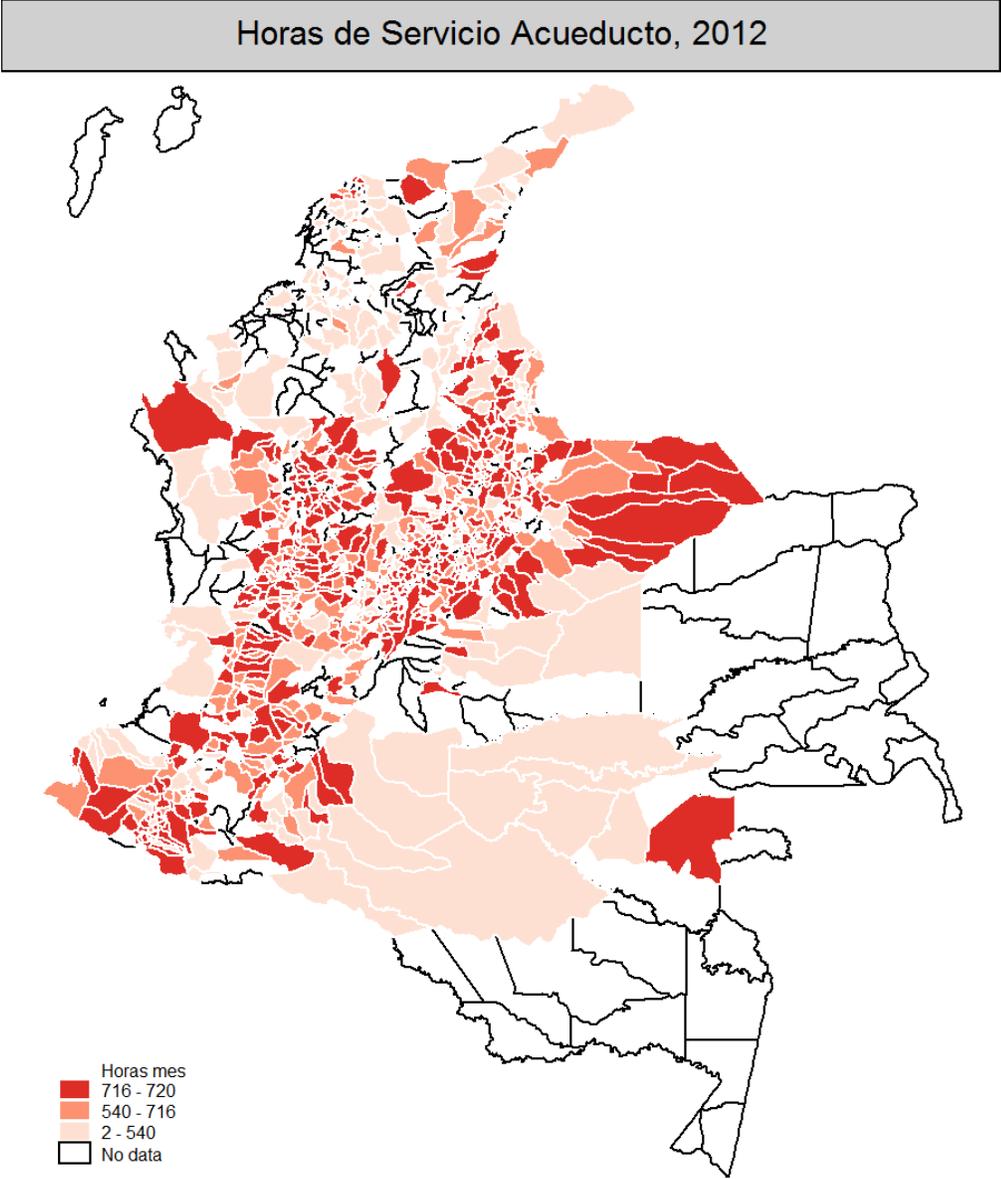


Fuente: Elaboración propia tomando datos de Sicep Gestión (DNP).

Para la variable Horas de prestación del servicio de acueducto para el año 2012, al realizar el análisis municipal se encontró que 204 municipios se encuentran en el rango más bajo de esta variable, en este rango se prestan entre 2 y 540 horas al mes en el servicio de acueducto, 199 municipios se encuentran en el rango medio, prestan entre 540 y 716 horas al mes; y en el rango más alto se ubican 394 municipios, estos prestan la mayor cantidad de horas al mes, entre 716 y 720 horas, es decir casi 24 horas diarias. (Ver mapa 3).

El municipio que reporta la menor cantidad de horas de prestación del servicio de agua potable mensuales es Puerto López, Meta con 2 horas de prestación al mes; 720 es el número máximo de horas de prestación del servicio de agua que pueden reportarse mensualmente; 377 municipios reportan haber presentado la máxima cantidad de horas que se pueden prestar mensualmente.

*Mapa 3. Número de Horas Prestación del Servicio de Acueducto por Municipios. Colombia, 2012.*



Fuente: Elaboración propia tomando datos de Sicep Gestión (DNP).

#### **1.3.4 Inversión total en agua potable y saneamiento básico para la prestación del servicio de los últimos tres años.**

Colombia invirtió entre los años 2010 – 2012 un estimado de \$37,194,744 mil millones de pesos en agua potable y saneamiento básico para la prestación del servicio de los últimos tres años.

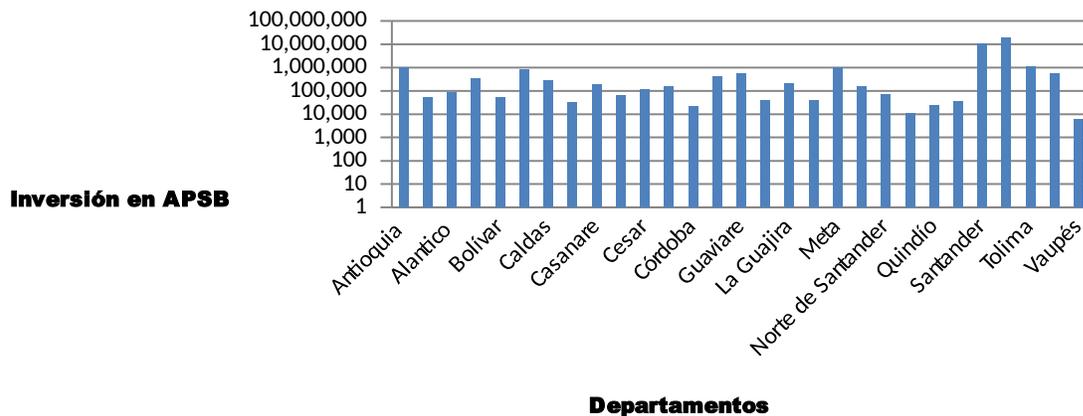
La Figura 13 registra que Sucre es el departamento con mayor inversión en Agua potable y Saneamiento Básico para los tres años con un total de \$19,743,488 , le sigue Santander con un total de \$10,074,436 y en tercer lugar se encuentra Tolima con un valor de \$1,099,435, el resto de departamentos reportan una inversión menor al que reporta el departamento de Tolima.

Aquellos departamentos que registran una menor inversión en agua potable son Vaupés, Putumayo, Córdoba y Quindío, con una inversión de \$6,222; \$11,410; \$21,529 y \$23,235 respectivamente.

Comparando el departamento que mayor inversión en agua potable y saneamiento básico tuvo con los demás departamentos encontramos que, Sucre invirtió 61 veces más en agua potable y saneamiento básico que Bogotá (la capital del país), cerca de 2 veces más que el segundo departamento que más invierte en APSB y a su vez, invierte alrededor de 3173 veces más que el municipio con menor inversión en APSB.

Comparando los departamentos que más invirtieron con los que menos invirtieron en agua potable y saneamiento básico, se deja ver la brecha que existe en Colombia en términos de inversión, en este caso, inversión en un recurso fundamental para la vida.

**Figura 13. Inversión APSB (2010 – 2012) por Departamentos. Colombia, 2012**



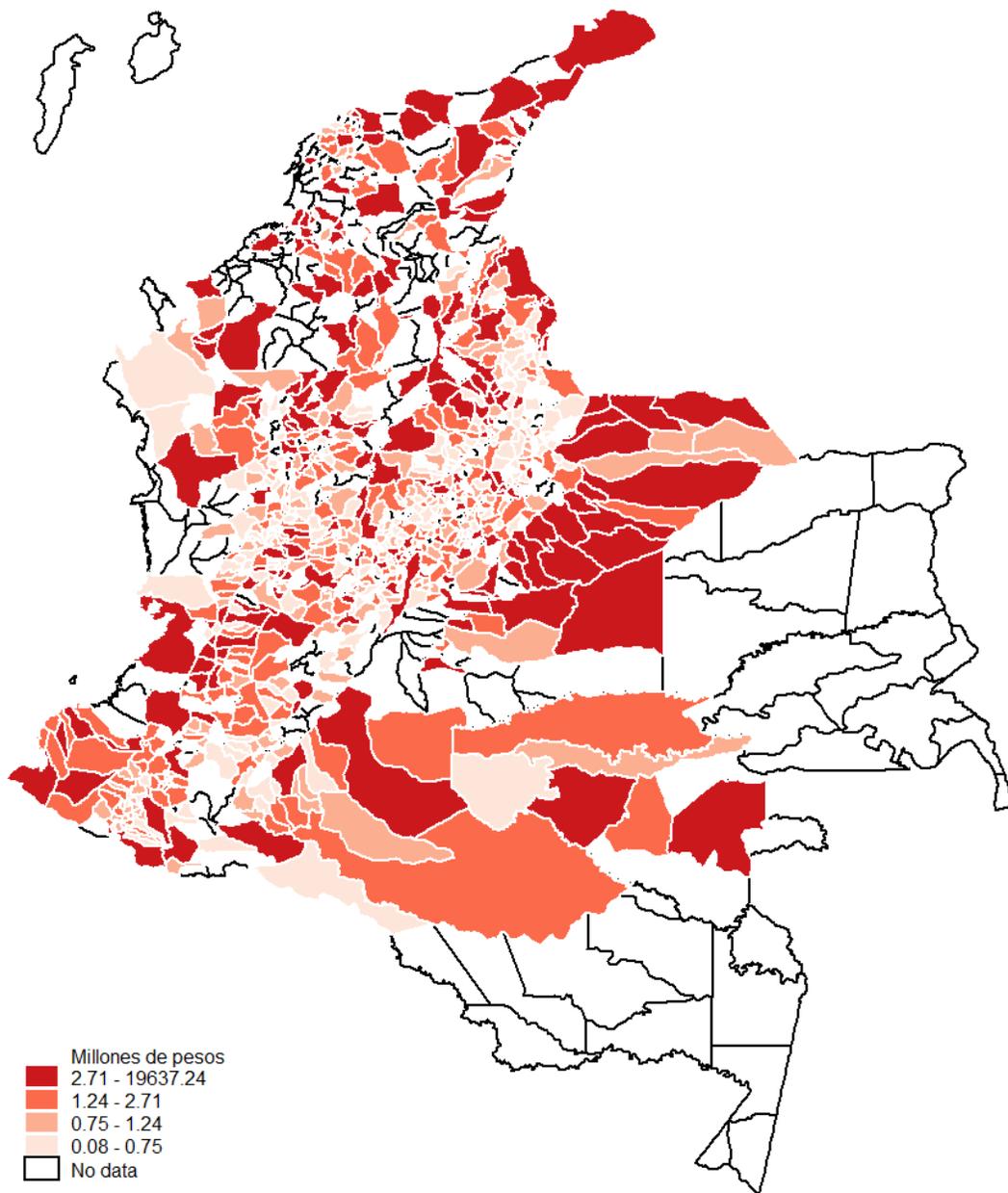
Fuente: Elaboración propia tomando datos del FUT.

Para el análisis municipal de la variable Inversión en Agua Potable y Saneamiento Básico servicio de acueducto se encontró que de 797 municipios analizados, 199 municipios se encuentran en el rango más bajo de esta variable, se realiza una inversión de menos de 750 millones en agua potable y saneamiento básico; 198 municipios realizan una inversión entre los 750 millones y los 1240 millones; 197 municipios se encuentran en el rango medio, realizan una inversión en APSB entre los \$1240 millones y los \$2700 millones, en el rango más alto, se encontraron a 203 municipios, los cuales invierten la mayor cantidad de dinero en APSB, inviertan entre los 2700 millones y \$19,637,240 en este sector para Colombia en el año 2012. (Ver mapa 4).

Quien mayor inversión en APSB tuvo fue el municipio de Santiago de Tolú, del departamento de Sucre con una Inversión total de \$19,637,240 de pesos y quien más baja inversión tuvo fue el municipio de Anserma, departamento de Caldas con 78 millones de pesos. Bogotá D.C. invirtió \$323 mil millones de pesos.

*Mapa 4. Inversión APSB (2010 – 2012) por Municipios. Colombia, 2012.*

Inversión Acumulada en APSB, 2012



Fuente: Elaboración propia tomando datos del FUT.

### 1.3.5 Índice de Riesgo de Calidad del Agua – IRCA- 2012.

En la figura 13, se presentan los departamentos de Colombia identificados con colores para cada nivel de riesgo de calidad del agua (IRCA).

Este indicador muestra el grado de riesgo de ocurrencia de enfermedades relacionadas con el no cumplimiento de las características físicas, químicas y microbiológicas del agua para consumo humano. (Contreras & González, 2013)

Según el (mapa 5), sólo 3 de los 32 departamentos que tiene Colombia, reportan un IRCA entre 0 y 5% por lo que no reportan riesgo en la calidad del agua que las personas de este departamento usan para el consumo; estos departamentos son Arauca, Atlántico y Quindío.

Los departamentos que reportan un riesgo bajo son Antioquia, Archipiélago de San Andrés, Bogotá, D.C., Córdoba y Cundinamarca. Este nivel de riesgo significa que el agua no es apta para el consumo humano sin embargo es susceptible de mejoramiento.

Quienes reportan un riesgo medio son, Amazonas, Bolívar, Boyacá, Caquetá, Cauca, Cesar, La Guajira, Magdalena, Meta, Norte de Santander, Risaralda, Santander, Sucre, Tolima, Valle del Cauca y Vichada; debido al nivel de riesgo que estos departamentos presentaron se infiere que en ellos el agua no es apta para el consumo humano, y debe haber una gestión directa de la persona prestadora del servicio.

Los departamentos de Caldas, Casanare, Huila, Nariño, Putumayo, reportan un nivel de riesgo alto, lo que significa que en este nivel el agua no es apta para el consumo humano y requiere de una gestión directa de la persona prestadora del servicio y de los alcaldes y gobernadores respectivos de acuerdo a su competencia.

Solo el Departamento de Vaupés resultó ser inviable sanitariamente reportando un IRCA del 84,76% por lo que en este nivel el agua se considera no apta para el consumo humano y requiere

de una gestión directa de la persona prestadora, alcaldes, gobernadores y entidades del orden nacional de acuerdo a su competencia.

Cuando el IRCA mensual indica que el agua no es apta para consumo humano, la Resolución No. 2115/2007 ordena una serie de acciones para su mejora, siendo las más drásticas y de mayor intervención cuando el agua es inviable sanitariamente. (Ministerio de Salud y Protección Social, 2013 )

Departamentos como Guainía, Guaviare y Chocó no reportan datos, esto pues las autoridades sanitarias de estos departamentos no reportan al SIVICAP (Subsistema de Vigilancia de la Calidad del Agua para Consumo Humano); información de este indicador primordial, y por tanto en estos departamentos no se puede realizar la respectiva vigilancia los factores de riesgo del consumo de este elemento vital.

Lo anterior obliga a pensar que se requieren de acciones necesarias para mejorar la calidad del agua suministrada y minimizar así riesgos a la salud pública.

*Mapa 5. Índice de Riesgo de Calidad del Agua Análisis Departamental. Colombia, 2012.*

San Andrés & Providencia

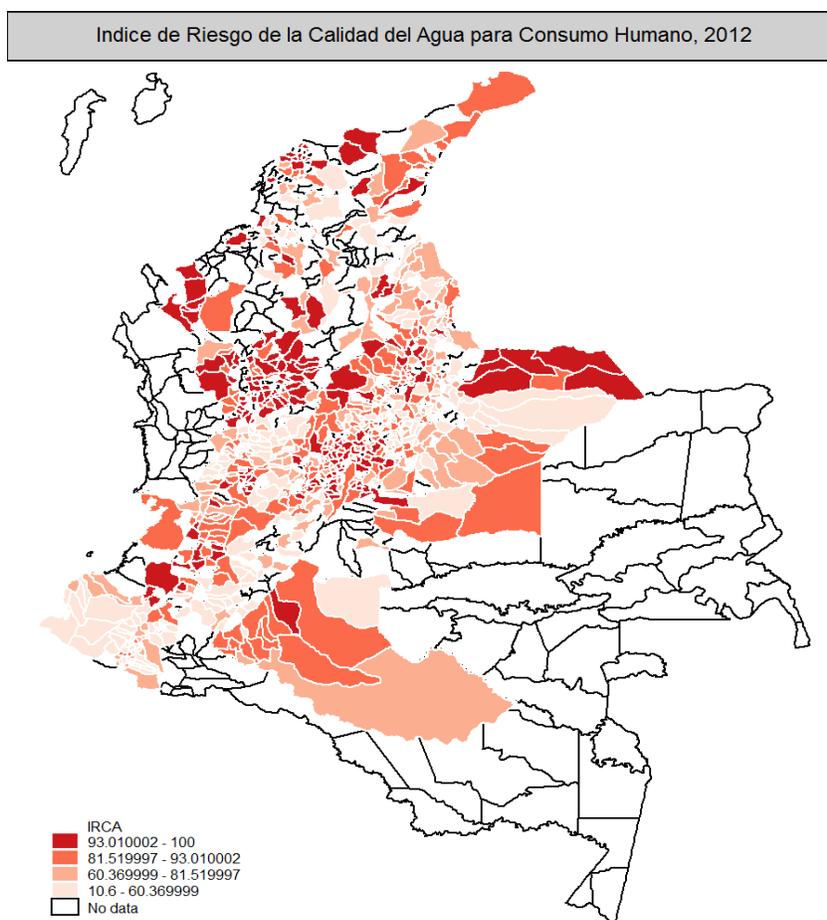


Fuente: Elaboración propia tomando datos del INS.

- Sin Riesgo (0% - 5%)
- Riesgo Bajo (5.1% - 14%)
- Riesgo Medio (14.1% - 35%)
- Riesgo Alto (35.1% - 70%)
- Inviabile Sanitariamente (70.1% - 100%)
- Sin Datos

Para el análisis municipal de la variable Índice de Riesgo de Calidad del Agua, se encontró que de 750 municipios analizados, 191 municipios se encuentran en el rango más bajo de esta variable, se registra un IRCA entre 11 y 60, dos de ellos presentan un riesgo bajo, 26 un riesgo medio y los otros 163 presentan un riesgo alto; 184 municipios poseen un IRCA entre 60 y 81, donde 85 municipios presentan un riesgo alto y los restantes 99 son inviables sanitariamente; 198 municipios registran un IRCA entre los 81 y 93, lo que significa que todos son inviables sanitariamente, respecto al IRCA; en el rango más alto, se encontraron a 175 municipios, los cuales poseen un IRCA entre 93 y 100, lo que significa que estos municipios son inviables sanitariamente (Ver mapa 6). El municipio que obtuvo el IRCA más bajo fue Totoró, Cauca con un valor de 11; 53 poseen el IRCA más alto, de 100.

**Mapa 6. Índice de Riesgo de Calidad del Agua Análisis Municipal. Colombia, 2012.**



Fuente: Elaboración propia tomando datos del INS.

## 1.4 ENFERMEDAD DIARREICA AGUDA

“La Organización Mundial de la Salud (OMS) define enfermedad diarreica aguda (EDA) como la presencia de tres o más deposiciones en 24 horas, con una disminución de la consistencia habitual y una duración menor de 14 días. La EDA puede ocurrir a cualquier edad de la vida, pero son los lactantes y niños menores de cinco años los más predispuestos a desarrollar la enfermedad, y a presentar complicaciones como sepsis, deshidratación y muerte”(Flórez et al., 2015).

Según el estudio del instituto nacional de salud; mortalidad por enfermedad diarreica aguda en < 5 años (EDA) del año 2014; el cual es un estudio de vigilancia y control de las muertes por EDA, existen unos factores que determinan porqué fallecen estos niños, pueden ser factores individuales y factores determinantes del entorno. Estos son los factores a tener en cuenta:

- Factores demográficos; como son el sexo en donde prevalece la mortalidad/morbilidad en el sexo masculino, la edad, siendo más frecuente las muertes en los menores de cinco años y específicamente en los menores de un año y la procedencia siendo mayor la mortalidad por EDA en las zonas rurales y en zonas periurbanas donde las condiciones de infraestructura son pésimas.
- Factores de riesgo biológico; se encuentran el estado nutricional, siendo este uno de los factores más conocidos que influyen en la mortalidad/morbilidad por EDA y el bajo peso al nacer, siendo este un determinante principal en la mortalidad en los niños principalmente entre el nacimiento y el primer año de edad, existe dos mecanismos que vinculan el peso al nacer con la enfermedad diarreica aguda, la inmuno-competencia reducida y la inmadurez en la función metabólica.
- Factores de riesgo socioeconómico, entre ellos se encuentran el ingreso familiar, la educación de los padres, el acceso a los servicios de salud y los cuidadores de la infancia.

- Factores de riesgo de comportamiento; se define como los conocimientos, actitudes y prácticas de la población general frente al manejo de la EDA.
- Factores ambientales; como son las condiciones de acceso al agua potable, saneamiento básico y manejo de excretas, condiciones de vivienda y hacinamiento son algunos de los factores ambientales a revisar.
- Factores relacionados con los servicios de salud; se dividen en factores poblacionales y de los servicios de salud.

Entre los factores poblacionales se encuentran la actitud de la población frente a la enfermedad diarreica, la identificación de signos de alarma que alerte a los padres y los lleve a buscar atención médica y el acceso a los servicios de salud (condiciones de transporte, afiliación al sistema de salud, etc...)

Los factores de servicios de salud que podemos mencionar son, capacidad para la atención de pacientes con EDA, y la calidad de los servicios que se prestan a la población.

Así como se analizan las diferentes causas que determinan que los niños menores de cinco años adquieran o que en ellos se agrave la enfermedad diarreica aguda también existen medidas que al ser tomadas a tiempo prevendrían esta enfermedad y con ellos las consecuencias que dicha enfermedad acarrea.

A partir de lecturas e investigaciones realizadas a lo largo de la creación de este proyecto de grado se llegó a la conclusión, que las siguientes medidas de prevención juegan un papel fundamental a la hora de reducir la mortalidad por EDA:

1. Vacunación preventiva contra la enfermedad.
2. El lavado constante de manos, principalmente a la hora de ingerir o preparar alimentos.
3. El acceso a servicios públicos de buena calidad; principalmente acueducto y alcantarillado.

Según el Ministerio de salud y protección social (Así vamos en salud, 2012; Ministerio de Protección Social, 2013) sólo a partir del año 2010 se implementa la vacuna contra el rotavirus

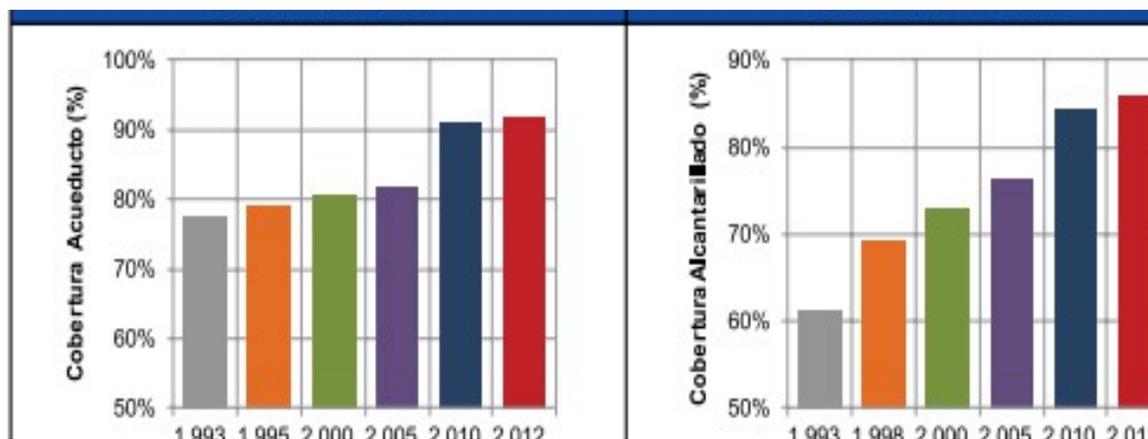
en el plan ampliado de inmunizaciones – PAI – en Colombia. Virus, que es causante del 40% de muertes por diarrea en el país.

Sin embargo, para finales del año en cuestión la cobertura de la vacuna llegó a alcanzar el 74% en todo el país.

En cuanto a la estrategia del frecuente lavado de manos, según un informe de *Cómo vamos en salud* de la Fundación Santa Fé de Bogotá del año 2012; referente a la Tasa de mortalidad por enfermedad diarreica aguda en menores de 5 años en Colombia; las campañas de promoción del lavado de manos han sido lideradas por el Ministerio de Salud y Protección Social y el Ministerio de Ambiente de manera constante, tanto por medios de comunicación como en las propias comunidades. (*Así vamos en salud*, 2012)

Por ultimo; pero no menos importante se encuentra el acceso a los servicios públicos, la situación es preocupante puesto que a pesar del aumento en la cobertura de dichos servicios - información que puede corroborarse en la siguiente gráfica, suministrada por el DNP- ; aún el 12,7% de la población continúa sin acueducto y el 27,7% sin alcantarillado, según los datos de la última Encuesta de Calidad de Vida 2011. (de Medellín, 2012)

**Figura 14. Porcentajes cobertura servicio de acueducto y alcantarillado.**



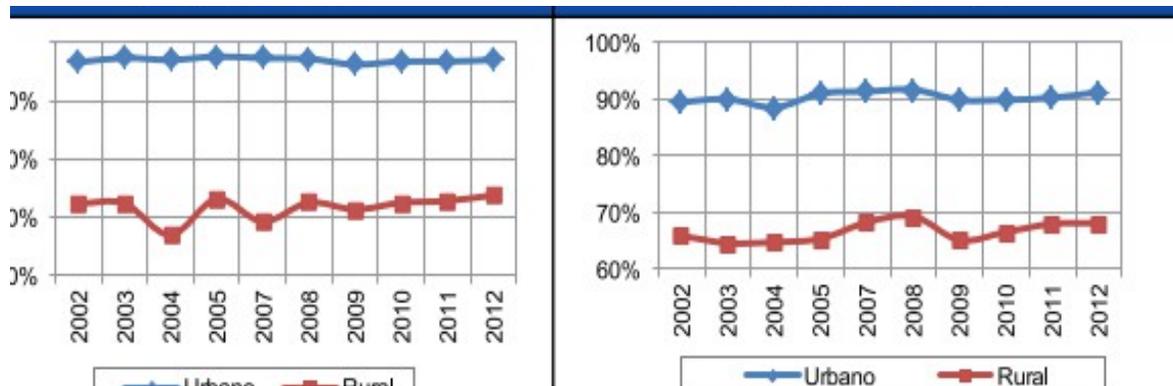
Fuente: Comisión de regulación de agua potable y saneamiento básico.

“La cobertura en el servicio público domiciliario de acueducto en el país en el 2005 fue de 81,9% mientras que en el 2012 se estimó en 91,6%. En el servicio público de alcantarillado, la

cobertura en el 2005 fue de 76,3% incrementándose en el periodo en aproximadamente 10 puntos porcentuales y alcanzando una cobertura del 85,8% en el 2012. Gráfica obtenida del DNP.”

Por medio de esta información se puede inferir que la causa principal que ha cobrado miles de vidas de niños menores de cinco años en Colombia ha sido el faltante de cobertura de dos servicios públicos que son considerados como uno de los más necesarios e indispensables para la subsistencia y buena salud de la comunidad, principalmente en la zona rural, porque como se sabe, existen incrementos significativos a nivel urbano y rural, sin embargo, aún se evidencia la gran brecha existente entre lo urbano y lo rural, no sólo en cobertura sino en calidad en la prestación del servicio. (Ver figura 15).

**Figura 15. Cobertura urbana y rural servicio de acueducto y alcantarillado. Gráfica obtenida del DNP.**



Fuente: Comisión de regulación de agua potable y saneamiento básico

La pregunta que entonces surge a raíz de esta inferencia es ¿Por qué estos servicios aun recibiendo un porcentaje del SGP cuentan con déficits en cobertura?; ¿será que la destinación de recursos para estos servicios de saneamiento básico es ineficientes?

Estas respuestas serán atendidas a lo largo del desarrollo de esta investigación.

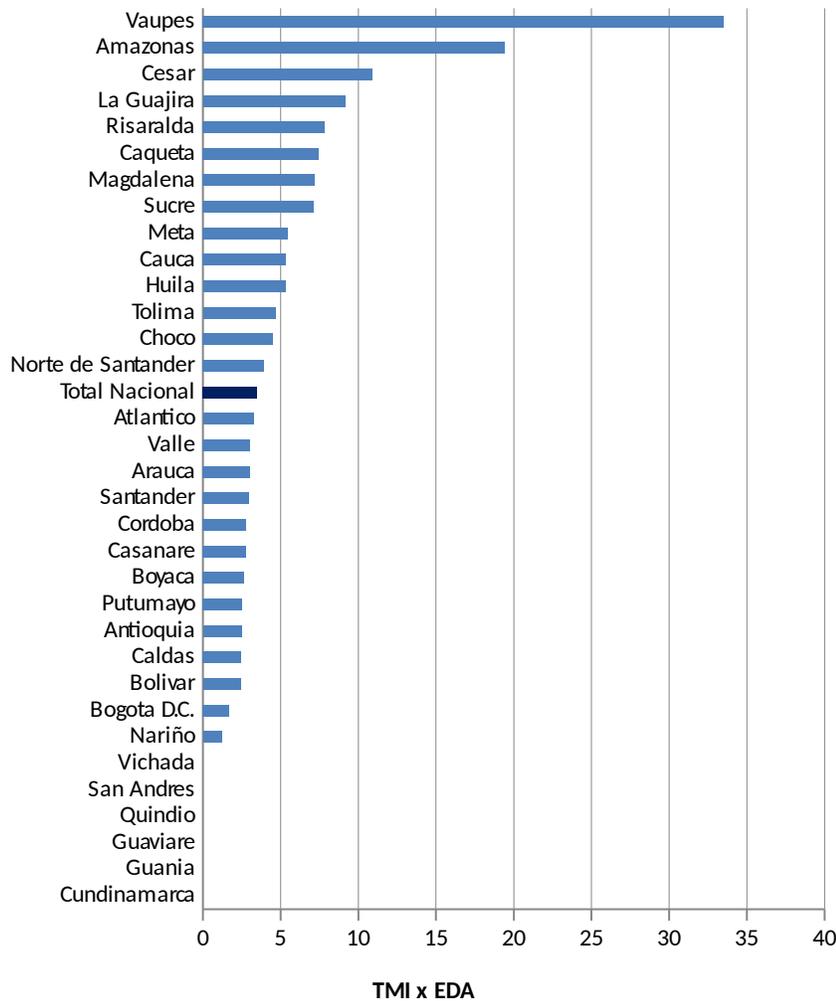
Los siguientes son los resultados de la TMI por EDA en menores de cinco años en Colombia para el año 2012.

### 1.4.1 Tasa de Mortalidad Infantil por EDA en niños menores de 5 Años – Colombia.

En Colombia, el departamento que muestra una mayor tasa de mortalidad es Vaupés alcanzando una tasa de 33,52 muertes por 100.000 niños menores de cinco años, le sigue Amazonas con una tasa de 19,43, Cesar con 10,87 y La Guajira 9,15.

Cundinamarca, Guainía, Guaviare, San Andrés y Providencia y Vichada presentaron una tasa de mortalidad de 0,00. Lo que significa que no se registraron muertes por EDA en estos departamentos alrededor de todo el año 2012. (Ver Figura 16).

*Figura 16. TMI por EDA en Colombia, Año 2012.*



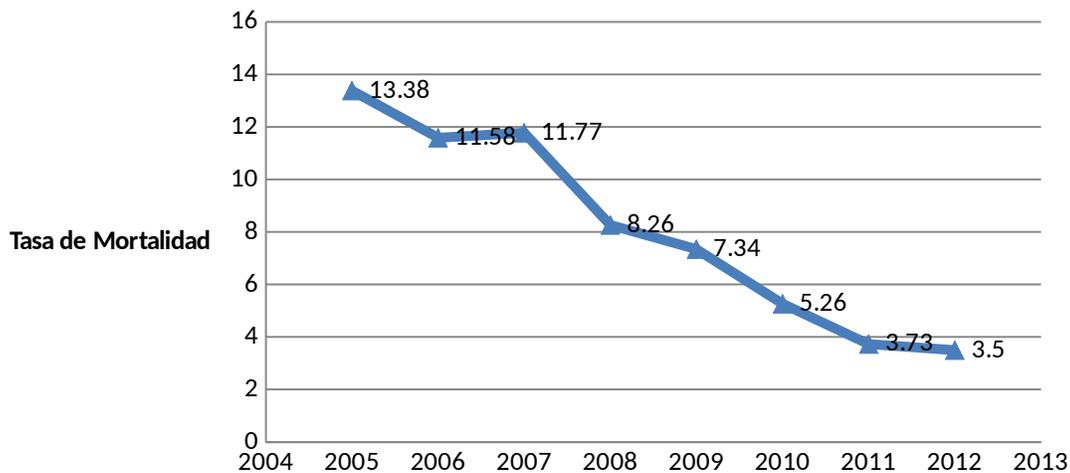
Fuente: Elaboración propia tomando datos del conpes 3810 del Consejo Nacional de Política Económica y Social, 2014.

Los departamentos que si bien presentaron muertes por EDA a lo largo del año, reportan tasas muy bajas en comparación con otros años anteriores son Nariño, Bogotá, DC, Antioquia y Bolívar, con 1,22, 1,67, 2,42 y 2,49 muertes por 100.000 niños menores de cinco años respectivamente.

En total para el año 2012 se presentaron 150 muertes de niños menores de 5 años por EDA, de un total de 4.291.149 niños menores de 5 años en Colombia para el mismo año en cuestión. Alcanzando por ende para este año a nivel nacional una tasa de mortalidad por EDA de 3,50, disminuyendo en 0,23 puntos porcentuales comparando con la tasa de 3,73 reportada en el año inmediatamente anterior.

Para el período 2006 a 2012, la tasa de mortalidad por EDA (muertes en menores de 5 años por cada 100.000 nacidos vivos) en menores de 5 años registró una disminución del 73,84%. (Figura 17).

**Figura 17. Tasa de mortalidad por EDA en menores de 5 años (2005 – 2012).**



Fuente: Elaboración propia tomando datos del conpes 3810 del Consejo Nacional de Política Económica y Social, 2014.

#### 1.4.2 Índice De Pobreza Multidimensional Vs TMI por EDA

El Índice de Pobreza Multidimensional (IPM), desarrollado por el Oxford Poverty & Human Development Initiative (OPHI), es un indicador que refleja el grado de privación de las personas en un conjunto de dimensiones. La medida permite determinar la naturaleza de la privación (de acuerdo con las dimensiones seleccionadas) y la intensidad de la misma. EL IPM es la combinación del porcentaje de personas consideradas pobres, y de la proporción de dimensiones en las cuales los hogares son, en promedio, pobres). (DNP, 2011)

La propuesta de IPM desarrollada por el Departamento Nacional de Planeación para Colombia está conformada 5 dimensiones y 15 variables:

- Condiciones educativas del hogar: logro educativo, analfabetismo.
- Condiciones de la juventud y la niñez: asistencia escolar, rezago escolar, acceso a servicios para la primera infancia, trabajo infantil.
- Trabajo: desempleo de larga duración, tasa de empleo formal.
- Salud: aseguramiento, acceso a servicio de salud dada una necesidad.
- Servicios públicos y condiciones de vida: acceso a agua tratada, eliminación de excretas, pisos, paredes exteriores, hacinamiento crítico.

Se realizará una comparación entre la mortalidad de niños menores de 5 años y el Índice de Pobreza Multidimensional para el año 2012 para así evaluar empíricamente si existe una correlación entre ambas variables, pues según el artículo "POBREZA Y SALUD. UN PROBLEMA GLOBAL, SUS CAUSAS, CONSECUENCIAS Y SOLUCIONES" escrito por Pedro José Salinas como trabajo de postgrado de la Universidad de los Andes; la insalubridad y por ende las enfermedades que esta genere es una consecuencia de la pobreza, entonces, se esperaría que existiera una relación directa entre el IPM y la TMI por DEA. (Salinas, 2006)

En Colombia, los departamentos que registran los mayores IPM son Chocó y Vichada con unos índices de 85,7 y 84,2 respectivamente; sin embargo, las TMI para estos departamentos no son

las más altas, Chocó tiene una tasa de 4,5 y Vichada no registra muertes por EDA en ese periodo, es decir, posee una tasa nula; lo que en este caso no se cumple lo esperado.

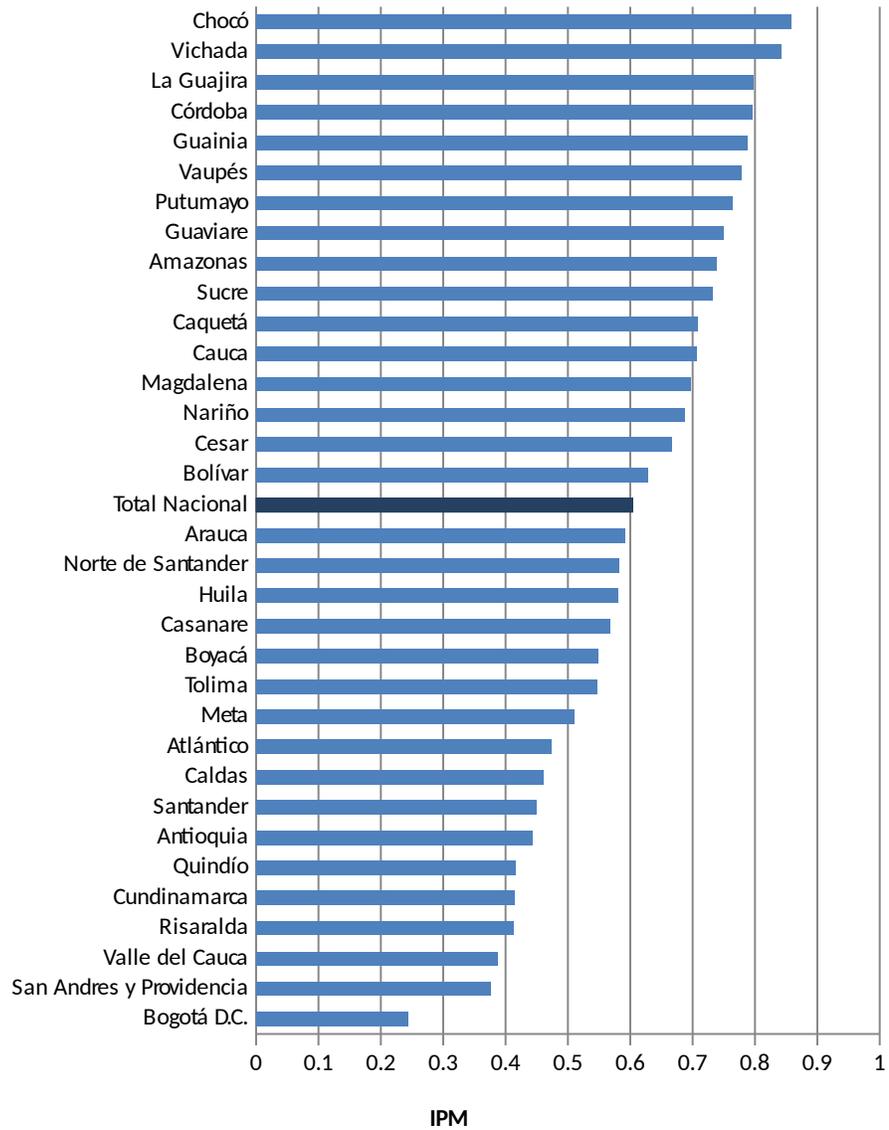
Aquellos departamentos que registran las menores y por ende más favorables índices de pobreza multidimensional son Bogotá, San Andrés y providencia y Valle del Cauca, con unos índices de 24, 37 y 39% respectivamente. En este caso, si se cumple la correlación que entre menor IPM se esperaría existiesen menos muertes por EDA. Bogotá y Valle del Cauca registran una de las menores TMI y San Andrés por su parte no registra muertes por EDA en niños menores de 5 años en Colombia.

A su vez, se encuentra que los departamentos con mayor tasa de mortalidad infantil por EDA (Vaupés, Amazonas, Cesar y la Guajira) también registran uno de los mayores Índices de Pobreza Multidimensional en el país.

Se esperaría que aquellos departamentos con una TMI nula, presentaran los menores IPM, sin embargo no sucedió de esta forma, solo San Andrés y Providencia y Cundinamarca cuentan con TMI bajas y a la vez poseen un bajo IPM. Vichada, Guainía y Guaviare son la excepción, pues a pesar de que presentan una tasa de mortalidad de cero, posee altos porcentajes en el IPM.

El promedio total nacional del IPM fue de 60%, 17 de 3 departamentos analizados presentan porcentajes menores (favorables) al promedio total nacional y los 16 restantes poseen porcentajes mayores al promedio total nacional. Comparando a Bogotá, D.C., quien fue el departamento que menor IPM presentó con los departamentos que mayor IPM presentaron se encuentra que, tanto Chocó como Vichada presentan un IPM 3,5 veces mayor que el de Bogotá, D.C. (Ver figura 18).

*Figura 18. Índice de Pobreza Multidimensional (IPM) para Colombia, 2012.*

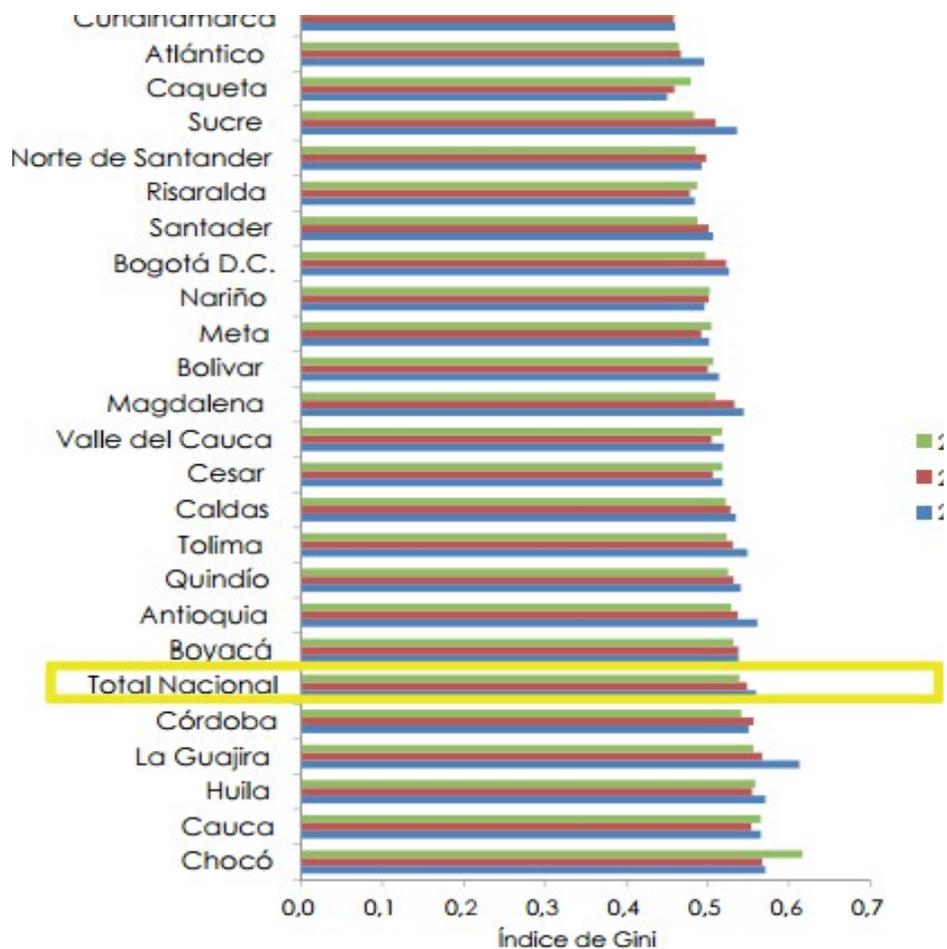


Fuente: Elaboración propia tomando datos del DNP de Colombia.

Una manera de seguir explorando la situación de pobreza en una región es a partir del Índice de Gini. El índice de Gini es una de las medidas más utilizadas en el estudio de la desigualdad de la distribución de ingresos. (Salinas, 2006)

Para Colombia en 2012 el Índice fue de 0,539, con reducción de 0,009 puntos con respecto a 2011. En general, se observa una tendencia constante a través del tiempo. Por departamentos se observa que las diferencias son menos marcadas que lo descrito en pobreza. Los departamentos con mayor desigualdad para 2012 fueron Chocó, Cauca, Huila, La Guajira y Córdoba, cuyos índices oscilaron entre 0,542 y 0,616. Los departamentos con menor desigualdad fueron Cundinamarca, Atlántico, Caquetá, Sucre y Norte de Santander, con índices entre 0,463 y 0,485. Los departamentos que mayor reducción de desigualdad presentaron entre los años 2010 y 2011 fueron Sucre, Bogotá, D. C. (municipio) y Magdalena (0,026, 0,026 y 0,023 puntos, respectivamente). (Ministerio de Salud y Protección Social, 2013a) (Figura 19).

***Figura 19. Índice de gini por departamentos. Colombia, 2010-2012***



Fuente: DANE - Encuesta Continua de Hogares (2002-2006) y Gran Encuesta Integrada de Hogares (2008-2012).

### 1.4.3 Porcentaje de la Población menor de 5 Años Vacunada contra Rotavirus Vs TMI por EDA

Se realizará una comparación entre la mortalidad de niños menores de 5 años y el porcentaje de la población menor de 5 años vacunada contra rotavirus para el año 2012 para así evaluar empíricamente si existe una correlación entre ambas variables.

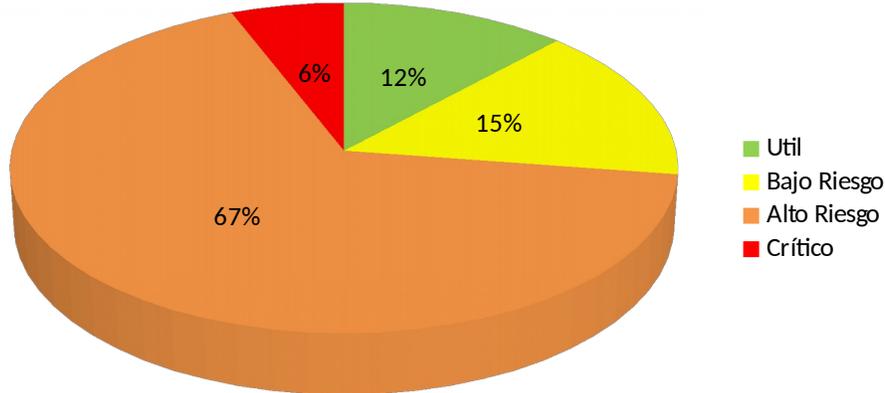
Se espera que entre menor sea el porcentaje de población menor de 5 años vacunada contra el rotavirus, mayor es la tasa de Mortalidad infantil por EDA, y entre mayor sea el porcentaje de estos niños vacunados, menor es la TMI por EDA, pues según el informe "Mortalidad por Enfermedad Diarreica Aguda en < de 5 Años (EDA), Actualizado por el INS de Colombia, del

años 2014, el rotavirus es una de los principales virus causantes de esta enfermedad gastrointestinal. (INS, 2014)

En Colombia, los departamentos de Vaupés y Amazonas son aquellos que presentan una mayor tasa de mortalidad y a su vez Vaupés y por otra parte Vichada, son los únicos municipios que presentan un nivel crítico en el porcentaje de vacunación de niños menores de 5 años para la vacuna rotavirus. Coincidiendo así sólo el departamento de Vaupés en la incidencia que la variable de población vacunada puede tener sobre la variable de mortalidad. Amazonas, si bien, no arrojó un resultado favorable en el porcentaje de niños vacunados pues muestra un alto riesgo.

Sin embargo, se evidencia una reducción en la variable de mortalidad comparado con los años anteriores mientras que la variable de porcentaje de niños menores de cinco años vacunados para este mismo año aún muestra muchos departamentos con un gran déficit de cobertura de vacunación pues de los 33 departamentos analizados 22 (73% del total nacional) arrojan resultados desfavorables con un nivel de riesgo alto y crítico. Solo 5 (15%) reportan un riesgo bajo y 4 (12%) un riesgo llamado como Útil que sería en este caso el más favorables con un porcentaje igual o mayor a 39.6%. ( Ver figura 20)

***Figura 20. Porcentaje Población Vacunada con Rotavirus. Colombia, 2012.***



Fuente: Elaboración propia tomado de Sistemas de Información – MPS.

#### 1.4.4 Necesidades Básicas Insatisfechas Vs TMI por EDA

Existe una variable que con ayuda de un conjunto de indicadores simples busca determinar si las necesidades básicas de la población se encuentran o no cubiertas. Necesidades como la educación, vivienda y agua potable. Esta variable es “Necesidades Básicas Insatisfechas”; en este capítulo se analizará pues empíricamente se deduce que tiene una gran relación con los índices de mortalidad.

Según la ficha técnica del NBI realizada y avalada por el DANE son 5 los indicadores que componen dicha variable:

Vivienda Inadecuada, viviendas con hacinamiento crítico, viviendas con servicios inadecuados, viviendas con alta dependencia económica, viviendas con niños en edad escolar que no asisten a la escuela. (DANE, 2012)

Chocó es el departamento que cuenta con mayores NBI (Necesidades Básicas Insatisfechas), aproximadamente 79,19 hogares registran necesidades básicas insatisfechas, es decir que, estas

viviendas, no cuentan con materiales adecuados, servicios públicos, alcantarillado inadecuados, entre otros, a su vez, este departamento presenta una TMI por EDA de 4,5, ubicándose por encima del total nacional que es 3,5 y teniendo en cuenta que la mayor TMI para este periodo fue de 33,52 se puede deducir que Chocó tiene una TMI en el promedio y relativamente baja.

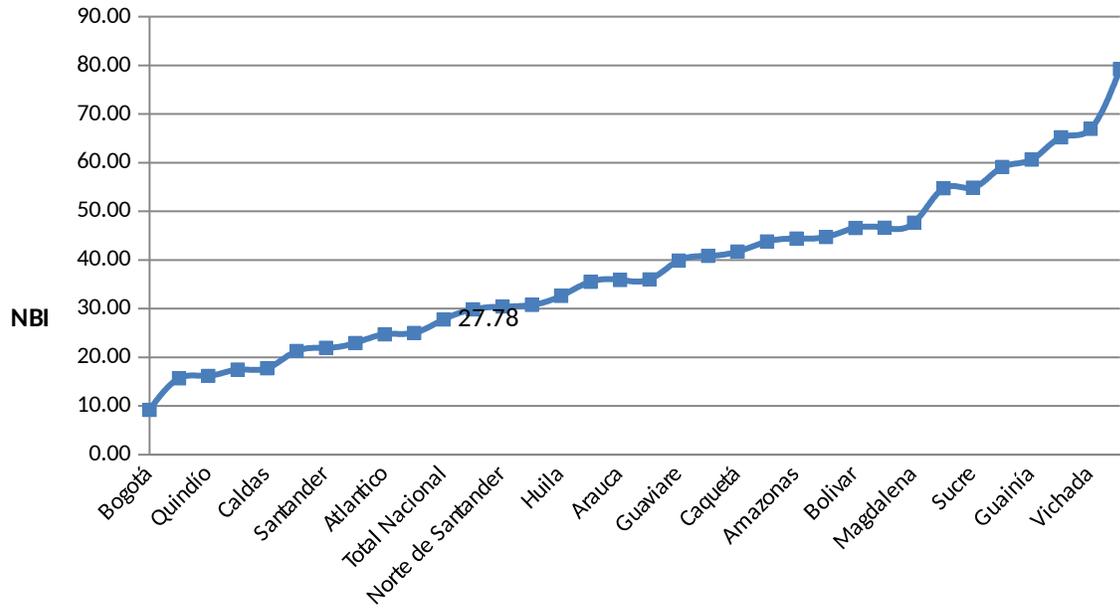
El indicador de NBI para el Total Nacional del año 2012 es de **27,78**; 10 de 33 departamentos estudiados están por debajo de dicho promedio total, siendo el tope mínimo de 9,20; el resto cuenta con un indicador de NBI mayor a 27,78, siendo el tope máximo alcanzado de 79,19.

A su vez la TMI por EDA para el Total Nacional en el año 2012 fue de 3,5; presentando que 19 de 33 departamentos en estudio se encuentran por debajo de ese promedio Total Nacional, siendo el tope mínimo de 0,00 muertes por cada 100.000 niños menores de cinco años y 14 de los 33 departamentos de Colombia se ubican por encima de este promedio, siendo el tope máximo de 33,52 muertes por cada 100.000 niños menores de cinco años.

Lo anterior evidencia que en Colombia existen muchos hogares con altos índices de pobreza y miseria; y que no necesariamente aquellos departamentos que cuentan con elevados indicadores de NBI poseen una TMI por EDA alta, pues vimos que existen para este año muchos departamentos con bajas o incluso nulas tasa de mortalidad infantil por EDA y aun así su indicador de NBI es muy alto.

Debido a esto se hace necesario la intervención de los organismos encargados de la toma de decisiones que diseñen planes y programas de carácter social (relacionados con los temas involucrados en los indicadores: servicios públicos, vivienda, educación, etc.)

**Figura 21. Porcentaje Población con NBI. Colombia, 2012.**



Fuente: Elaboración propia tomado de DANE.

## **2 CARGA DE ENFERMEDAD POR DIARREA EN NIÑOS MENORES DE 5 AÑOS**

Según el informe "Técnicas para la medición del impacto de la mortalidad: Años Potenciales de Vida Perdidos" de la OPS; el uso de simples indicadores para el análisis de la mortalidad como lo es el recuento de defunciones y las tasas calculadas a partir de ello, suele darnos una síntesis medible a partir de datos de mortalidad de una población usadas para la observación de las prioridades en cuanto a salud se refiere. El problema con estas tasas es que están bastante influenciadas por los problemas de salud de personas con edades bastante avanzadas, donde la tasa se ve representada por dichas edades, y por lo general es una de las principales causas de mortalidad en una población mostrando así el mayor número de defunciones. (Organización Panamericana de la Salud, 2003)

El objetivo primordial de este capítulo es observar el impacto que tiene la pérdida de la vida en niños menores de 5 años en los distintos municipios de Colombia para el año 2012, debido a la enfermedad diarreica aguda, y de los años que se pudieron aprovechar en pro del desarrollo a la sociedad, a través de la técnica de los Años Potenciales de Vida Perdidos, que refleja la mortalidad de los grupos de edades más tempranas.

Según el informe de la OPS; los APVP son una técnica que ilustra el impacto que tienen varias enfermedades y problemas de salud en la temprana edad que consecuentemente puede generar la muerte o el fallecimiento en estas personas. Estos funcionan como un supuesto que concede una ponderación diferente a la persona que muere a temprana edad, siendo estas las que más peso tienen ya que la pérdida de vida es mayor, que aquellas que lo hacen a una edad mucho más madura. A raíz de esto, se puede decir entonces que los APVP es la suma en todas las personas que fallecen por una enfermedad o problema de salud, de los años que habrían vivido si se hubieran cumplido las esperanzas de vida normales que poseían. (Organización Panamericana de la Salud, 2003).

### **2.1 Calculo de los APVP**

Como se mencionó antes, los APVP corresponden al número total de años de vida que las personas no han vivido y que murieron por ende en un rango de edad que se considera prematuro. El informe de la OPS sobre las técnicas de medición del impacto de la mortalidad, establece que la edad límite para el cálculo de los APVP son los 70 años que por lo general es la más utilizada, sin embargo se puede optar por otra edad dependiendo de la esperanza de vida de un país o territorio en específico. Por ejemplo, para Colombia se escogieron los 75.22 años como límite superior de edad establecido, ya que en las tablas de vida de la sección de estadísticas poblacionales del DANE para el 2012 esta fue la esperanza de vida al nacer, por lo tanto, este será el límite de edad de la población Colombiana, si se tratara de un territorio o país donde la esperanza de vida es más baja, evidentemente se escogería una edad límite para el cálculo más baja, como lo es 65 años por ejemplo, por lo tanto, este será la edad límite escogida para los municipios en los cuales se efectuara el cálculo. El problema con el uso de la esperanza de vida al nacer como valor límite es que se ajusta al perfil poblacional del país o territorio para el cual se está efectuando el cálculo, en este caso Colombia, y no permite la comparabilidad con otras poblaciones que muy probablemente tengan esperanzas de vida diferentes, por lo que para cada municipio se utilizó la esperanza de vida a nivel nacional.

El informe indica que los APVP se obtienen sumando los productos del número de muertes de cada edad por la diferencia entre esta edad y una edad límite y esta sumatoria se expresa en años perdidos. Para el cálculo de años perdidos en este caso, se hace con muertes agregadas por enfermedad diarreica aguda que son 138 muertes en 70 municipios de Colombia que abarca un rango de edad que va de 0 a 5 años para el 2012. Como se asume que las muertes ocurren de manera uniforme para un periodo de edad usando datos agrupados, lo más común a considerar entonces, es que las muertes ocurran en la edad correspondiente al punto medio del grupo edad. Se recomienda usar grupos de edad quinquenales o decenales para que la asunción de distribución uniforme de las muertes en el intervalo sea más realista. En este caso solo se utilizara un grupo de edad para el grupo de municipios. Si se divide el número de APVP por el número de habitantes (usualmente la población por debajo de la edad límite escogida) y se multiplica por un factor (1.000, 10.000 o 100.000), se llega al Índice de los Años Potenciales de Vida Perdidos (IAPVP).

Además el informe aclara que para el análisis es importante tener en cuenta que dos poblaciones con fuerzas de mortalidad diferentes pueden producir un número absoluto de APVP similar si también difieren en el tamaño de sus poblaciones. Por ello, es importante calcular tanto el número absoluto (APVP) como el relativo (IAPVP) para tener un panorama más completo de una situación, por lo que se calculará tanto el AVPP como el IAPVP para los municipios y también por sexos.

### 2.1.1 Elementos para el Cálculo de los APVP y del Índice de los APVP (IAPVP)

El informe de la OPS aclara que e el cálculo de los APVP por una causa definida se suman las defunciones por esa causa para cada grupo de edad y se multiplica el resultado de los años que restan desde la edad central del grupo en un periodo establecido hasta la edad límite considerada, de acuerdo a la siguiente formula:

$$\text{[Redacted]} \text{ donde}$$

I es la edad límite inferior establecida

L es la edad límite superior establecida

i es la edad de la muerte

d<sub>i</sub> es el número de defunciones a la edad i

La determinación del Índice de los APVP (IAPVP) se efectúa de la siguiente manera:

$$\text{[Redacted]} \text{ (u otro factor) donde}$$

N es la población comprendida entre los límites inferior y superior de las edades estudiadas

## 2.2 Resultados Calculo APVP Colombia, 2012.

El siguiente panorama se calculó a nivel nacional.

**Tabla 3. APVP Nacional**

<b>Grupo de edad</b>	<b>Punto Medio del Intervalo</b>	<b>75,22 (edad límite) - PMI</b>	<b>Muertes</b>	<b>APVP</b>
0 - 5	3	72.22	138	9966.36

Fuente: Elaboración Propia Usando Datos del DANE

En este caso solo se tiene un grupo de edad que va de 0 a 5 con un total de 70 municipios donde se registraron 138 muertes por EDA en el año 2012 en Colombia.

El cálculo de los APVP a nivel nacional nos dice entonces que 9966.36 son los años perdidos en menores de 5 años debido a las muertes por enfermedad diarreica aguda, que también se perciben como lo que esta población hubiese aportado a nivel productivo a través de mano de obra o trabajo y desarrollo a la sociedad. Esto, en términos económicos, tiene importancia, dado que en la medida en que se identifiquen causas de muerte en edades tempranas se pueden formular políticas de salud más efectivas para menguar la carga de dichas afecciones y, asimismo, darle al aparato económico y al mercado laboral posibilidades de renovación.

Al analizar los APVP por causas, no se debe inferir que los años perdidos por una causa no hubieran sido perdidos si hubiera sido controlada la causa. En efecto, el hecho de que la muerte no hubiera sido debida a esta causa no significa que la persona no hubiera sido expuesta a otros riesgos que también pudieran haber causado la defunción.

***Figura 22.APVP por Municipios – Colombia, 2012.***

Fuente: Elaboración Propia usando datos del DANE

***Figura 23.IAPVP por Municipios – Colombia, 2012.***

Fuente: Elaboración Propia usando datos del DANE

En la esfera municipal los que generaron mayor número de APVP fueron Bogotá D.C, seguido de Mariquita (San Sebastián de Mariquita) y Valledupar con el mismo número de APVP, seguido de Barranquilla y por ultimo Cartagena y Neiva que también obtuvieron el mismo número de APVP, mientras que 45 municipios de los 70 en estudio representados por el 64% tienen los menores aportes La situación de San Sebastián de Mariquita es de suma preocupación, puesto que para ser un municipio de 33,259 habitantes según el censo poblacional hecho por el DANE en el 2012, los APVP debido a la enfermedad diarreica aguda son de 577.76 para una población pequeña, comparado con Bogotá que cuenta con una población de 7, 571,345 habitantes y con un APVP por EDA de 649.98, lo que quiere decir que por cada 5.36 APVP en Bogotá hay 131.78 APVP en San Sebastián de Mariquita.

Esto en parte es explicado por el Plan Básico de Ordenamiento Territorial del Municipio de San Sebastián de Mariquita en el capítulo II del Diagnóstico Ambiental Urbano donde se manifiesta que fuentes hídricas como lo son El Río Gualí y la Quebrada El Peñón representadas como prospectos importantes dentro del esquema ambiental municipal, preocupan al observar como estas, en especial la quebrada el Peñón, presentan altos índices de contaminación fisicoquímica y bacteriológica de sus aguas, como parte de un aumento exagerado de la densidad y ocupación poblacional del territorio en áreas de protección y conservación ambiental que ha traído como consecuencia la degradación paulatina de los elementos naturales aún existentes; es por ello que dicha fuente a partir de la población que habita alrededor de sus márgenes, sin respetar las áreas de cesión establecidas por la legislación ambiental, han convertido estas aguas en la zona de descargue y vertedero por excelencia de residuos sólidos y líquidos provenientes de aguas servidas de las viviendas ubicadas a su alrededor, y a su vez, estas fuentes superficiales proveen agua a diferentes acueductos rurales y urbanos, por lo que el EDA en la población menor de 5 años es de fácil proliferación en este municipio.(Alcaldia San Sebastian de Mariquita, 2012)

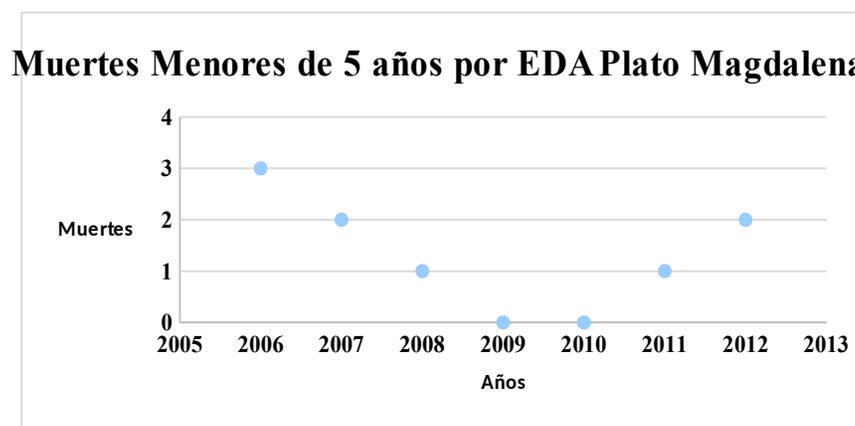
***Figura 24. APVP Mujeres por Municipios – Colombia, 2012.***

Fuente: Elaboración Propia usando datos del DANE

Para el sexo femenino hubo un total de 3755.44 APVP a nivel nacional para el 2012 del cual Bogotá tuvo mayor participación con 288.88 APVP, seguido de Barranquilla y Neiva con 216.66 APVP cada uno y cuya suma representa el 19.23% de APVP a causa de la Enfermedad Diarreica Aguda para el 2012. A estos municipios les siguen Medellín, Valledupar, Plato, Cúcuta, Bucaramanga e Ibagué con el mismo numero de APVP de 144.44 que representan el 23.07%. Cabe resaltar que hubieron municipios donde no se registraron muertes del sexo femenino de los 70 municipios donde hubieron fallecimientos por EDA para el 2012, los cuales ocupan un 44.28% equivalente a 31 municipios donde si se registraron muertes por EDA del sexo opuesto. El otro 42.85% de los municipios comparte el mismo numero de APVP, equivalente a 72.22 representado por 30 municipios en total.

Plato es un municipio con una poblacion de 55,037 habitantes de los cuales 26,602 son mujeres y 640 son niñas menores de 5 años según las estadísticas poblacionales del DANE (2012), por lo que su población es pequeña en comparación con metropolis de gran auge económico como lo son Bogotá, Barranquilla, Cali y Medellín por lo que 144.44 APVP en el municipio de Plato es de relevante importancia ya que por cada 4.87 APVP en Bogotá hay 225.68 APVP en Plato.

**Figura 25. Muertes por EDA en Menores de 5 Años municipio el Plato (2005 – 2012) – Colombia, 2012.**



Fuente: Elaboración propia usando datos del Plan Territorial de Salud de Plato Magdalena.

El grafico 28 fue realizado a partir de datos suministrados por el Plan Territorial de Salud de Plato Magdalena 2012-2015 donde se ha de notar un declive en las muertes para el año 2009 y 2010 por lo que cabe preguntarse el porque del alza en las muertes en los siguientes dos años. (Secretaria de Desarrollo Social Municipio de Plato, 2012). Según el informe "Situación del sistema de Acueducto y Alcantarillado del Municipio de Plato" por la gobernación de Plato Magdalena son cuantiosos y complejos los problemas que aquejan al Municipio en materia de acueducto y alcantarillado en base a la insuficiencia de las empresas de servicios públicos de agua y alcantarillado, como Operadora y Constructora que ha tenido la poblacion a través del tiempo (Gobernación de Plato, 2012). El impacto mas profundo evidentemente lo tienen los estratos mas bajos constituyendo un 1.3% el estrato inferior, un 22.3% el estrato muy bajo y un 41.2% el estrato bajo según el informe de gestion para el año 2012 del Departamento Administrativo de Planeacion Municipal. (Departamento Administrativo de Planeación Municipal, 2012); además de esto el informe generado por el Plan Territorial de Salud de plato magdalena tambien explica que la mayoría de decesos son relacionados tambien con la calidad en la prestación del servicio de salud.

***Figura 26.APVP Hombres por Municipios – Colombia, 2012.***

Fuente: Elaboración Propia usando datos del DANE

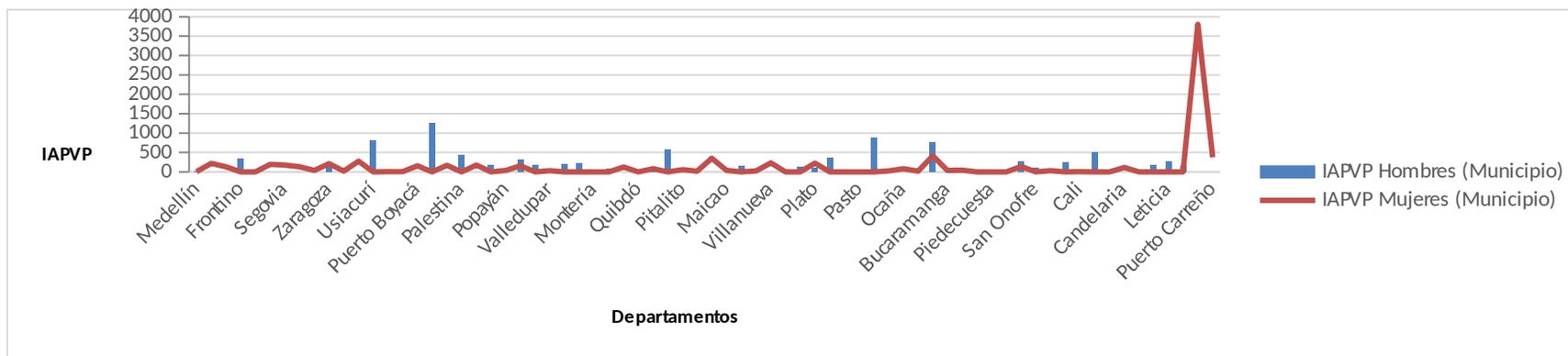
Para el sexo masculino hubo un total de 6210.92 APVP a nivel nacional para el 2012 del cual Cali tuvo mayor participacion con 505.54 APVP, seguido de Valledupar con 433.32 APVP, le sigue Bogotá con 361.1 APVP, luego Cartagena con 288.88 APVP y Barranquilla y Villavicencio con 216.66 APVP cada uno y cuya suma representa el 32.55% de APVP a causa de la Enfermedad Diarreica Aguda para el 2012. A estos municipios les siguen Paez, Monteria, Neiva, Uribia, Santa Marta, Ciénaga, Pereira, Pueblo Rico, Corozal, Ibagué y Leticia con el mismo numero de APVP de 144.44 que representan el 25.58%. Cabe resaltar que hubieron municipios donde no se registraron muertes del sexo Masculino de los 70 municipios donde hubieron fallecimientos por EDA para el 2012, los cuales ocupan un 27.14% equivalente a 19 municipios donde si se registraron muertes por EDA del sexo opuesto. El otro 47.14% de los municipios comparte el mismo numero de APVP, equivalente a 72.22 representado por 33 municipios en total.

Pueblo Rico es un es un municipio con una poblacion de 12,825 habitantes de los cuales 6,583 son hombres y 897 son niños menores de 5 años según estadísticas poblacionales del DANE (2012), por lo que su poblacion es pequeña en comparacion con Ciudades grandes como Bogotá, Barranquilla, Cali y Medellín por lo que 144.44 APVP en el municipio de Pueblo Rico es de relevante importancia ya que por cada 27.37 APVP en Cali hay 760.21 APVP en Pueblo Rico.

El gráfico 29 nos muestra los APVP entre el sexo masculino y femenino a causa de la Enfermedad Diarreica Aguda para el 2012, donde tenemos que en grandes ciudades como Barranquilla por cada 21.29 APVP en el sexo masculino hay 22.42 APVP en el sexo femenino. En Bogotá por cada 5.83 APVP en el sexo masculino hay 4.87 APVP en el sexo femenino. En medellin por cada 4.81 APVP en el sexo masculino hay 9.95 APVP en el sexo femenino y en Cali por cada 27.38 APVP en el sexo masculino hay 4.17 APVP en el sexo femenino, siendo esta la metropolis con mayor contraste en Colombia. Por otra parte, la diferencia realmente marcada entre APVP para ambos sexos en ciudades pequeñas de igual importancia que las metropolis antes mencionadas la tienes por ejemplo Cartagena, ya que por cada 33.80 APVP en el sexo masculino hay 8.85 APVP en el sexo femenino y en Valledupar por cada 97.53 APVP en el sexo masculino hay 34.03 APVP en el sexo femenino.

Cuando se abarca los municipios con poblaciones pequeñas es cuando mas evidente y marcada es la diferencia, en este caso el municipio que mas representa esta diferencia es leticia, ya que por cada 3081.05 APVP en el sexo femenino los APVP por parte del sexo masculino son nulos. Tambien esta el municipio de Tasco (Boyacá) donde por cada 1267.02 APVP en el sexo masculino los APVP en el sexo femenino son nulos.

**Figura 27. APVP Hombres Vs Mujeres por Municipio – Colombia, 2012**



Fuente: Elaboración Propia Usando Datos del DANE.

### **3 EFICIENCIA DE LOS RECURSOS EN SANIDAD DE LOS MUNICIPIOS DE COLOMBIA.**

Utilizamos el paquete Benchmarking del programa R-Project para para la medición de la eficiencia, específicamente para medir el desempeño de las unidades de toma de decisiones ( DMU ); esto, utilizando técnicas de análisis de involucimiento de datos (DEA); dada la heterogeneidad presentada en los municipios y la presencia de diferentes tipos de rendimientos se utilizó un modelo de rendimientos variables a escala.

Un modelo de DEA puede comprender dos enfoques, un enfoque orientado a los inputs (minimización de las entradas, y satisfacción o maximización de los niveles de salida dados) y uno a los outputs (maximización de las salidas, manteniendo constantes los niveles de entrada.

Para el análisis DEA de la presente investigación se utiliza el segundo enfoque, un enfoque orientado a los outputs.

El análisis DEA requiere en primera instancia definir las variables a analizar, es decir, darles una categoría como inputs y outputs. Para esto se usó el "Informe del DNP sobre los resultados de evaluación del desempeño integral de los municipios de la vigencia 2012" Los inputs y outputs de proyecto se definen como los mismos insumos y productos que utilizan en este informe para hallar la función de producción para el componente de eficiencia, en este caso, la función de agua potable.

Sin embargo, se excluyen las variables Muestras evaluadas e IRCA debido a que estas son consideradas variables ambientales, por ende, los inputs y outputs definitivos utilizados para hallar la eficiencia son:

#### **Inputs:**

- Horas prestación de servicio
- Inversión en Agua Potable y Saneamiento Básico (Inversión APSB)

## **Outputs:**

- Agua Producida
- Viviendas conectadas

Es importante señalar que, para efectos del cálculo de índice de eficiencia de los recursos en sanidad fueron contemplados 797 municipios del territorio nacional. En este sentido, aquellos municipios que presentaron información incompleta o inconsistente fueron excluidos del análisis.

Para darle niveles o rangos a los valores de eficiencia resultantes en este capítulo, se utiliza la forma en cómo se definen los rangos en el componente de eficiencia definido en la evaluación del desempeño integral de los municipios el cual es realizado por el DNP. (ver Tabla 2)

***Tabla 4. Rangos de interpretación Componente de Eficiencia***

---

Fuente: DNP-DDTS.

Mediante el paquete Benchmarking del programa R-Project se calculó la eficiencia de los 797 municipios estudiados.

Se obtuvo que solo 13 de 797 municipios poseen un nivel de eficiencia sobresaliente, es decir, mayor o igual a 80; de los cuales, 12 municipios obtuvieron una eficiencia igual a 100, lo que significa que alcanzaron el mayor nivel de eficiencia en la gestión de prestación del servicio de agua potable, estos doce municipios son; Bello, Guatapé, Itagüí. San José de la Montaña, Bogotá, D.C, Anserma, Oporapa, Distracción, Puerto López, San Martín, Cali y Chameza.

De los 12 municipios con un nivel de eficiencia total de 100, 5 pertenecen a la región del eje cafetero, 3 pertenecen a la región de los llanos, 1 pertenece a la región del centro oriente, 1 a la

región caribe, 1 a la región centro sur y 1 a la región pacífica, evidenciando por tanto un mejor nivel de eficiencia en la zona del eje cafetero.

Sólo 1 municipio (Medellín) alcanzó el nivel satisfactorio, con una eficiencia de 71,13.

Aquellos municipios que alcanzaron el nivel de eficiencia medio fueron Jericó- Antioquia y Barranquilla – Atlántico.

Finalmente, 16 municipios se ubican en el nivel bajo y por ende, el resto de municipios que no pertenecen a ninguno de los rangos anteriores se ubican en el más desfavorable de todos; este rango es el nivel crítico, y en este nivel se encuentran en total 763 municipios. (Ver figura 23)

Como lo que se busca es comprobar si la eficiencia en los recursos de sanidad de Colombia tiene incidencia en las muertes de los niños menores de 5 años debido a la EDA se tratará de establecer la relación existente entre una variable y otra. Esto se medirá comparando las tasas de mortalidad para cada municipio con la eficiencia que este reporta.

Son 70 los municipios que reportan muertes por EDA en Colombia para el año 2012, por otro lado, son 797 municipios aquellos que poseen un nivel de eficiencia; y que por ende reportaron información completa tanto para las variables utilizadas como inputs como los outputs. Sin embargo, al realizar la comparación entre la TMI por EDA y la eficiencia de los recursos en sanidad se presentó que 14 de los 70 municipios reportados por la variable TMI por EDA no reportan valores de eficiencia y por ende se excluyen a la hora de hacer la comparación entre ambas variables. Estos municipios son; Tarazá- Antioquia; Cartagena de Indias – Bolívar; Patía – Cauca; Montería- Córdoba; Monte Líbano-Córdoba; Puerto libertador-Córdoba; Neiva-Huila; Sabanas de San Ángel- Magdalena; San Onofre- Sucre; San Sebastián de Mariquita –Tolima; Mocoa –Putumayo; Leticia-Amazonas; Yavaraté –Vaupés ; Puerto Carreño- Vichada.

Por lo que la comparación y posterior análisis entre ambas variables se realiza con 56 municipios.

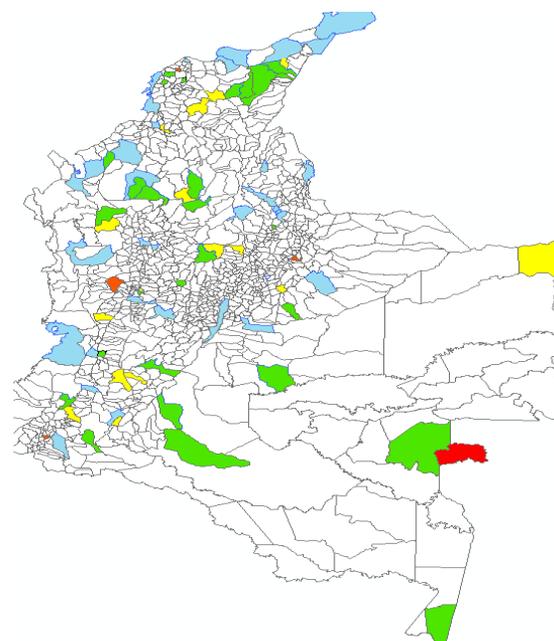
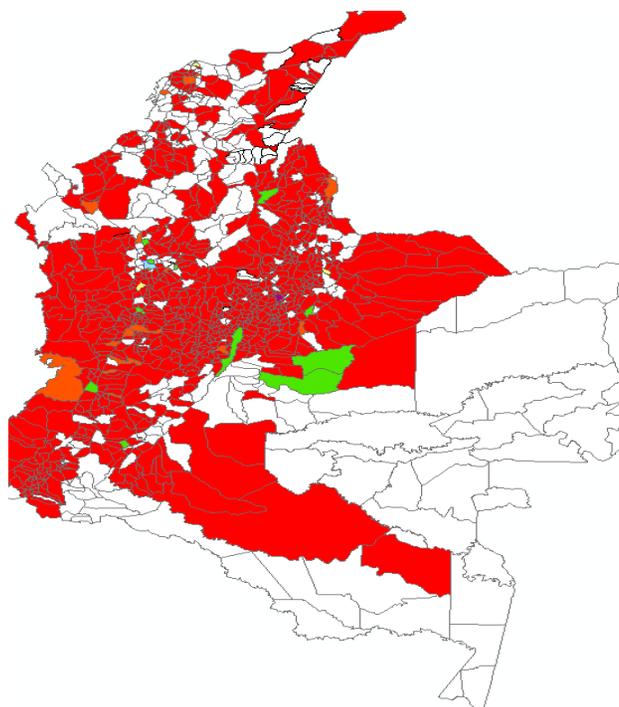
Solo dos municipios de los 3 municipios que cuentan con una eficiencia máxima de 100 poseen una de las menores tasas de mortalidad; estos municipios son Bogotá, D.C. y Cali, con una tasa de mortalidad de 1,50 y 4,53 respectivamente.

La Guajira es un municipios que presenta una relación atípica pues a pesar de que posee una eficiencia de 100 presenta una las mayores TMI x EDA, una tasa de 55.

Aquellos municipios con menor eficiencia fueron Uribia – La Guajira y Rionegro – Santander cada uno con una eficiencia de 0,6, presentaron una TMI x EDA de 12,92 y 10, 22 respectivamente.

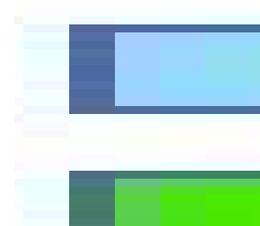
A continuación se presentan los mapas de Colombia en donde se enmarcan tanto el grado de Eficiencia de los recursos en Sanidad y la TMI por EDA, y son fueron realizados para mostrar la situación actual de cada municipio frente a las variables descritas anteriormente, además, se evidencia que existen 764 con un nivel de eficiencia crítico, los municipios ubicados en este rango están coloreados de rojo, a la vez también se evidencia la existencia de solo 70 municipios en donde se registraron muertes por EDA en niños menores de cinco años, al menos solo las registradas en fuentes legales.

*Mapa 7. DEA & TMI x EDA*



**Rangos de  
interpretacion-  
Componente de  
Eficiencia**

- Eficientes (100%)
- Sobresaliente ( $\geq 80$ )
- Satisfactorio ( $\geq 70$  y  $< 80$ )
- Medio ( $\geq 60$  y  $< 70$ )
- Bajo ( $\geq 40$  y  $< 60$ )
- Critico ( $<40$ )



#### **4 ESTIMACIÓN DEL IMPACTO DE LA EFICIENCIA TÉCNICA DE LA GESTIÓN DE LOS RECURSOS EN SANIDAD EN LA CARGA DE ENFERMEDAD POR DIARREA EN MENORES DE 5 AÑOS.**

La estimación del impacto de la eficiencia técnica de la gestión de los recursos en sanidad sobre la carga de enfermedad por diarrea en menores de cinco años se llevará a cabo mediante una regresión lineal múltiple, (ver ecuación 1).

El análisis de regresión permite examinar la relación existente entre la variable dependiente y cada una de las variables independientes por separado, tras eliminar de ellas el efecto del resto de las variables independientes incluida en el análisis. Es importante resaltar que el análisis de regresión no permite afirmar que las relaciones detectadas sean de tipo causal; solo es posible hablar de grado de relación. (Pardo Merino, 2015).

##### **Ecuación 1.**

$$Y = b_0 + b_1 * x_1 + b_2 * x_2 + b_3 * x_3 + b_4 * x_4 \dots$$

La estructura del modelo de regresión que será usado para estimar dicho impacto es la siguiente:

$$APVP = b_0 + b_1 * (\text{Eficiencia de los recursos en sanidad}) + b_2 * (\text{Regimen Subsidiado}) + b_3 * (\text{IRCA}) + b_4 * (\text{DPT}).$$

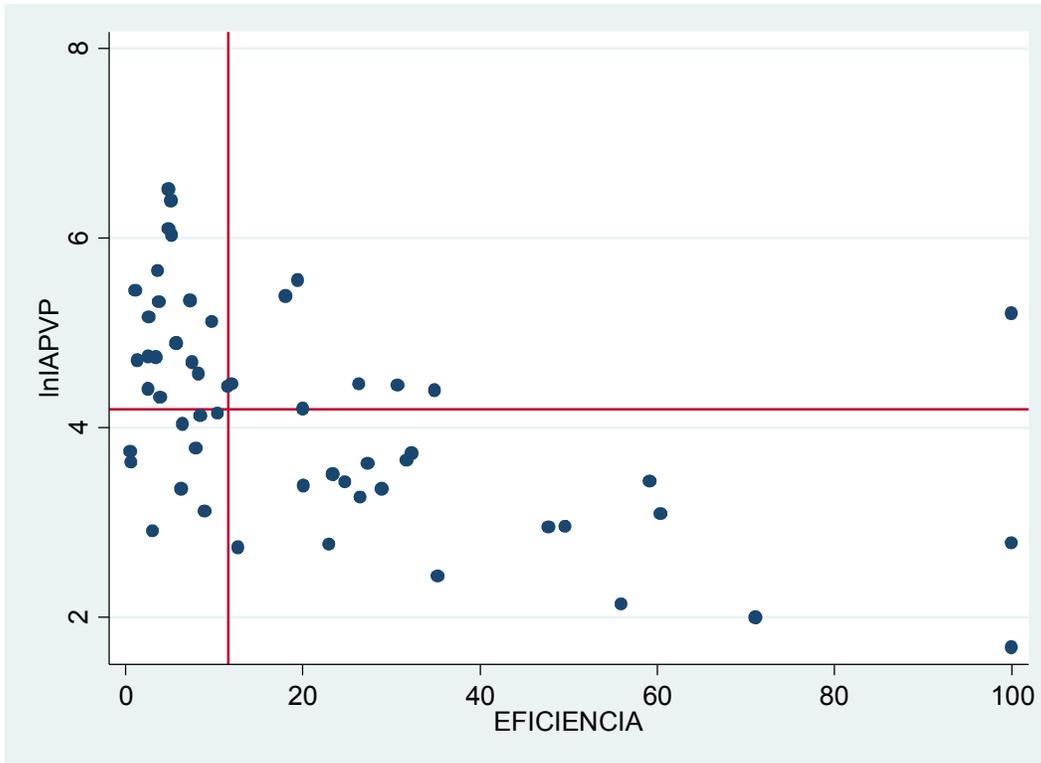
Por lo cual podríamos decir que el valor de APVP en Colombia es la suma de  $b_0 + b_1$  por la eficiencia en recursos en sanidad +  $b_2$  por el número de personas afiliadas al Régimen de Salud Pública +  $b_3$  por el porcentaje de personas vacunadas contra el DPT.

Como primera medida se procede a realizar un gráfico de dispersión, el cual permitirá detectar si existe una relación lineal o no entre dos variables, confirmando de esta manera el cumplimiento del primer supuesto de un modelo de regresión lineal. Si la relación es, de hecho, no lineal, el diagrama puede contener indicios sobre otro tipo de función de ajuste; por ejemplo, los residuos

estandarizados podrían, en lugar de estar homogéneamente dispersos, seguir un trazado curvilíneo.

Estas dos variables son eficiencia de los recursos en sanidad y APVP. (Ver figura 28)

**Figura 28. Gráfico de Dispersión Eficiencia de Recursos en Sanidad Vs APVP**

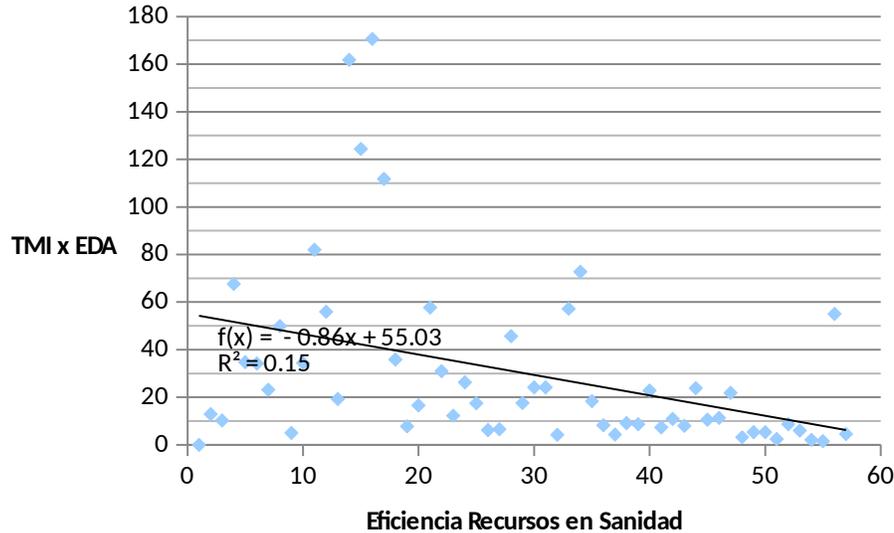


Fuente: Elaboración propia obteniendo los datos del DNP y del DANE.

El anterior gráfico evidencia que existe una correlación negativa, en este caso, el Ln/APVP aumenta significativamente con una disminución de la Eficiencia.

Complementario al análisis de correlación entre los APVP y la Eficiencia de recursos en sanidad, se analiza la relación entre la TMI por EDA y la eficiencia de recursos en sanidad. (Ver figura 29)

**Figura 29. Gráfico de dispersión Eficiencia de Recursos en Sanidad Vs TMI x EDA**



Fuente: Elaboración propia obteniendo los datos del DNP y del DANE.

El resultado del anterior gráfico de dispersión evidencia que existe una correlación débil negativa, en este caso, la TMI por EDA disminuye de manera débil con relación a un aumento de la Eficiencia.

Antes de explicar y analizar el modelo se hará la aclaración del porqué se convirtió a logaritmo el índice de los años potenciales de vida perdidos,; primero que todo cabe recordar que el índice es una razón entre dos valores diferentes los cuales son el cálculo de los APVP y la población; más específicamente son los APVP ajustados por población y estas dos variables son variables cuyos valores poseen unas unidades muy diferentes, puede suceder que existan valores demasiado pequeños y otros demasiado grandes y por este motivo los mismos no se dispersan muy bien, por esta razón, la solución es hacer logaritmo para que de esta manera se pueda acercar a los valores muy pequeños a los más grandes y viceversa, es decir, re escalarlos para que se puedan explicar en mayor medida el modelo.

Además de esto, al convertir la variable APVP a logaritmo teóricamente se ayuda con el supuesto de normalidad de los datos, y por ende, se ayuda a que los datos se distribuyan de mejor manera y no exista mucha disparidad entre ellos, pues de lo contrario esta situación podría afectar en cómo el modelo puesta explicarla mortalidad por EDA.

#### 4.1 Estimación del modelo

Al correr el modelo, es preciso denotar que se cuenta con una limitación con respecto al tamaño de la muestra. Debido a que se cuenta con un total de cuarenta y tres observaciones, es probable que el modelo presente problemas al momento de valorar la significancia estadística de los parámetros de las variables explicativas. La escasez en la muestra se debe a la falta de información al momento que se estimó la variable dependiente.

Source	SS	df	MS			
Model	26.2105655	4	6.55264137	Number of obs =	43	
Residual	20.8310999	38	.54818684	F( 4, 38) =	11.95	
Total	47.0416654	42	1.12003965	Prob > F =	0.0000	
				R-squared =	0.5572	
				Adj R-squared =	0.5106	
				Root MSE =	.7404	

lnIAPVP	Coef.	Std. Err.	t	P> t	[95% Conf. Interval]	
EFICIENCIA	-.0188711	.0064467	-2.93	0.006	-.0319217	-.0058205
R_SUBSIDIADO	.0127497	.0054542	2.34	0.025	.0017083	.023791
IRCA	-.0200629	.0072997	-2.75	0.009	-.0348403	-.0052854
DPT	-.0118605	.0060433	-1.96	0.057	-.0240945	.0003735
_cons	6.436179	1.01834	6.32	0.000	4.374657	8.497701

Al estimar el modelo los resultados muestran que, en términos generales las variables en conjunto no explican el comportamiento del IAPVP, con base en el estadístico F (0,000) a un nivel de significancia del 5%. En términos individuales, las variables resultaron ser significativas al 5% de significancia estadística.

Al analizar el coeficiente de determinación ( $R^2$ ), este resulta ser de 55,72% aproximadamente, lo cual en principio teórico refleja ser un modelo que se encuentra en un nivel intermedio, indica que las variables en cuestión explican en poca medida el IAPVP.

Del mismo modo, se tiene el coeficiente de determinación ajustado ( $R^2$  ajustado), el cual resultó ser del 51,06%.

De igual forma se resalta la relación directa e inversa que hay entre el IAPVP y las variables: eficiencia, IRCA y DPT. Lo que en un principio reflejaría el impacto positivo del aumento en la eficiencia y la vacuna contra DPT, ya que al aumentar la eficiencia en los recursos de sanidad y la capacidad de infraestructura de un municipio, la pérdida de una sociedad tendría que disminuir considerablemente. Resultados que dado el enfoque tratado serían los esperados.

El enfoque también se puede ver por el lado de la falta de eficiencia; debido a que la variable de eficiencia tiene un parámetro negativo y además significativo, se deja en evidencia el gran impacto negativo que tendría la falta de eficiencia de los municipios sobre un indicador en salud que es en este caso los IAPVP.

Entonces, el hecho de que el parámetro de eficiencia sea negativo y además muy significativo y el hecho de que el primer gráfico exploratorio realizado al comienzo de este último capítulo esté demostrando la relación directa que existe entre la variable eficiencia y la variable APVP, permite verificar la hipótesis planteada en el primer capítulo, pues se deja claro cómo es la eficiencia en saneamiento un componente básico en un plan de salud pública y cómo ella genera resultados en salud.

#### 4.1.1 Pruebas diagnosticas

##### **Prueba de normalidad.**

Para detectar si los residuos del modelo son o no normales, se utiliza la prueba de normalidad de Shapiro - Wilk, la cual establece que una serie de observaciones se distribuye normalmente si la probabilidad de los residuales es mayor a 0.05, y por ende se acepta la hipótesis nula.

Además,  $W$  debe estar entre 0 y 1, si  $W$  es demasiado pequeño se rechaza la hipótesis nula, por lo que, en este la hipótesis nula se acepta.

*H0: los residuos del modelo provienen de una población de variables que se distribuyen normalmente.*

*H1: los residuos del modelo provienen de una población de variables que no se distribuyen normalmente.*

Shapiro-Wilk W test for normal data

Variable	Obs	W	V	z	Prob>z
residuals	51	0.97311	1.285	0.535	0.29641

Variable	VIF	1/VIF
R_SUBSIDIADO	1.34	0.747132
EFICIENCIA	1.32	0.757032
IRCA	1.12	0.895774
DPT	1.03	0.974592
Mean VIF	1.20	

## Heteroscedasticidad

Con base en el p-valor bajo la distribución chi-cuadrada (0,3266) es mayor al nivel de significancia (0,05), por tal razón hay certeza estadística para no rechazar la hipótesis nula, es decir la varianza de los residuos tienen varianza constante. Lo que significa que al momento de introducir más observaciones en el modelo, esta va a permanecer igual, lo que garantiza consistencia en los parámetros estimados.

### Hipótesis:

- *Ho: El modelo es Homocedastico*
- *H1: El modelo es Heterocedastico*

Breusch-Pagan / Cook-Weisberg test for heteroskedasticity

Ho: Constant variance

Variables: fitted values of lnIAPVP

chi2(1) = 0.96

Prob > chi2 = 0.3266

## Prueba de especificación del modelo

Para concluir la parte diagnóstica del modelo, se realiza la prueba de especificación, es decir se aplica una medida diagnóstica, en este caso la prueba de *Reset de Ramsey*, para saber si en el modelo en cuestión hacen falta variables explicativas.

Al realizar la prueba se obtuvo:

```
Ramsey RESET test using powers of the fitted values of lnIAPVP
Ho: model has no omitted variables
    F(3, 35) =      1.91
    Prob > F =      0.1459
```

Al plantear la prueba de hipótesis se tiene:

- *Ho: El modelo está bien especificado*
- *H1: El modelo está mal especificado.*

Bajo el estadístico Likelihood ratio, el cual fue (0.1459) es mayor al nivel de significancia (0.05), siendo así; existe suficiente evidencia estadística, con un nivel de confianza de 95% para no rechazar la hipótesis nula, es decir el modelo en cuestión está bien especificado y por ende no existe ninguna posible variable que se esté excluyendo en el modelo.

## 5 COCLUSIONES:

En Colombia para el año 2011 las coberturas para los servicios de agua potable y saneamiento básico fueron las siguiente:

la cobertura para el servicio de acueducto fue de 87,3% , para el servicio de alcantarillado fue del 72,3% y para el servicio de aseo fue del 71,5%.

En Colombia se produjeron aproximadamente 3,141,874,191 m<sup>3</sup> de agua para el año 2012 e invirtieron para el mismo año una suma de \$37,194,744 en agua potable.

Además, el 60% de los departamentos analizados en el presente estudio poseen más del 50% de sus viviendas conectadas al servicio de acueducto.

Sin embargo, el hecho de que las estadísticas muestren aceptables niveles de coberturas en estos servicios, o que se evidencien altas sumas invertidas a nivel nacional referente al servicio de agua potable , o el hecho de que exista un porcentaje de viviendas conectadas al servicio de acueducto, no garantiza, que a todas ellas les esté llegando efectivamente este servicio, y de hecho, no garantiza que no existan barreras de acceso a los servicios de agua potable y saneamiento básico, y que dichas barreras si bien, son un factor determinante de la ineficiencia en la prestación de dichos servicios.

La prueba de esto se ve reflejada en que de 797 municipios en estudio, 763 se encuentran en un nivel de eficiencia critico, solo 13 en un nivel de eficiencia sobresaliente, 1 en el nivel satisfactorio; 2 en el nivel medio y finalmente, 16 municipios se ubicaron en el nivel bajo en los rangos de la medición de la eficiencia.

Ahora, referente a la eficiencia frente a la mortalidad por EDA en Colombia, se concluye que es un factor determinístico de la misma. El modelo de regresión lineal indica la relación inversa y directa que existen entre ambas variables, además de que el parámetro de la eficiencia resultó siendo muy significativo. Entre más eficiente sea un municipio en cuanto a la gestion referente al manejo de los recursos en sanidad, las muertes por EDA ajustadas por población deberán, por ende, disminuir.

Paralelo a esto, aquello que determina que las muertes por EDA sean cada vez menores es la vacuna contra Rotavirus. Gracias a la implementación de esta vacuna, la TMI por EDA en Colombia disminuyó de 5,26 a 3,5 por cada 100 mil niños menores de 5 años. Y si bien a lo largo de los años esta tasa ha venido disminuyendo progresivamente aun existen muchos problemas no solo de mortalidad sino de morbilidad por EDA y esto se debe, de acuerdo a los resultados a los que llegamos, a la ineficiencia en el manejo municipal de los recursos en saneamiento básico.

Es preciso entonces, concluir acerca de la variable que explica la carga de mortalidad por EDA en niños menores de 5 años en Colombia; que a través de la técnica de los APVP se evidenció una notable brecha entre los municipios con grandes poblaciones como Bogotá D.C y municipios con poblaciones pequeñas como es el caso de San Sebastián de Mariquita, donde por cada 5.36 APVP en Bogotá hay 131.78 APVP en San Sebastián de Mariquita, siendo esta una reducida población para esa cantidad de APVP, lo que nos muestra el poco desarrollo del municipio a nivel de salud e higiene y servicios públicos de agua y alcantarillado que es una de las premisas para la Enfermedad diarreica Aguda en niños menores de 5 años.

Por otra parte cuando se dividió por sexos a cada municipio, y se encontró que en las grandes ciudades la brecha no era tan amplia, excepto en la ciudad de Cali que por cada 27.38 APVP en el sexo masculino hay 4.17 APVP en el sexo femenino. El mayor contraste entre sexos lo generaron municipios como el de Letica donde por cada 3081.05 APVP para el sexo femenino hay cero APVP para el sexo masculino y el caso contrario en Tasco (Boyacá) donde por cada 1267.02 APVP en el sexo masculino hay cero APVP en el sexo femenino.

Sin embargo, si bien las tasas de cobertura no son extremadamente bajas, es necesario tratar de aumentarla cada vez más, específicamente se debe buscar optimizar las coberturas en acueducto, alcantarillado y aseo en los departamentos de Colombia.

Entre las alternativas de mejoramiento analizadas, las siguientes nos han parecido las más acertadas; la construcción y optimización de los componentes de captación. La reposición y optimización de tramos de las líneas de conducción de agua potable, la optimización de los sistemas de tratamiento y almacenamiento de agua potable, el aumento de cobertura de redes de distribución de agua potable, la construcción y optimización de sistemas de acueducto, la

optimización, ampliación y construcción de redes de acueducto y alcantarillado, la optimización y construcción de sistemas de tratamiento de aguas residuales, la construcción de estaciones elevadoras de aguas residuales, la instalación de macro y micro medición, el cierre y clausura de botaderos a cielo abierto, la optimización y ampliación de sistemas de disposición final de los residuos sólidos y la elaboración de estudios y diseños para la construcción, ampliación u optimización de los sistemas de acueducto y saneamiento básico. (Secretaría de Agua Potable y Saneamiento Básico, 2008).

## 6 BIBLIOGRAFÍA

- Charnes, A., Cooper, W. W., & Rhodes, E. (1978). Measuring the efficiency of decision making units. *European Journal of Operational Research*, 2(6), 429–444. doi:10.1016/0377-2217(78)90138-8
- Diouf, K., Tabatabai, P., Rudolph, J., & Marx, M. (2014). Diarrhoea prevalence in children under five years of age in rural Burundi: an assessment of social and behavioural factors at the household level. *Global Health Action*, 7, 24895. Retrieved from <http://www.pubmedcentral.nih.gov/articlerender.fcgi?artid=4141944&tool=pmcentrez&rendertype=abstract>
- Farrell, M. J. (1957). The Measurement of Productive Efficiency. *Journal of the Royal Statistical Society. Series A (General)*, 120(3), 253–290. doi:10.2307/2343100
- Aiello, A. E., & Larson, E. L. (2002). What is the evidence for a causal link between hygiene and infections? *The Lancet infectious diseases*, 2(2), 103-110.
- Cáceres, D. C., Estrada, E., De Antonio, R., & Peláez, D. (2005). La enfermedad diarreica aguda: un reto para la salud pública en Colombia. *Rev Panam Salud Pública*, 17(1), 6-14.
- Cachanosky, I. (2012). Eficiencia técnica, eficiencia económica y eficiencia dinámica. *Procesos de Mercado: Revista Europea de Economía Política*, 9(2).
- Esrey, S. A., Potash, J. B., Roberts, L., & Shiff, C. (1991). Effects of improved water supply and sanitation on ascariasis, diarrhoea, dracunculiasis, hookworm infection, schistosomiasis, and trachoma. *Bulletin of the World Health Organization*, 69(5), 609.
- Fuentes Pascual, R. (2011). Técnicas de Análisis Económico Aplicado II. Bloque III (Curso 2011-2012). *Técnicas de Análisis Económico Aplicado II*.
- García Prieto, C. (2002). Análisis de la eficiencia técnica y asignativa a través de las fronteras estocásticas de costes: una aplicación a los hospitales del INSALUD.
- Granados, C., & Sánchez, F. (2014). Water reforms, decentralization and child mortality in Colombia, 1990–2005. *World Development*, 53, 68-79.
- Ibarra, J. (1970). *Asignación de recursos, programación lineal y teoría económica*: Instituto Latinoamericano de Planificación Económica y Social.
- Londoño Fernández, J. L. (1995). *Metodología de la investigación epidemiológica*: Universidad de Antioquia.
- Prüss-Ustün, A., Bartram, J., Clasen, T., Colford, J. M., Cumming, O., Curtis, V., . . . Fewtrell, L. (2014). Burden of disease from inadequate water, sanitation and hygiene in low-and middle-income settings: a retrospective analysis of data from 145 countries. *Tropical Medicine & International Health*, 19(8), 894-905.
- Semenza, J. C., Roberts, L., Henderson, A., Bogan, J., & Rubin, C. (1998). Water distribution system and diarrheal disease transmission: a case study in Uzbekistan. *The American journal of tropical medicine and hygiene*, 59(6), 941-946.
- Aiello, A. E., & Larson, E. L. (2002). What is the evidence for a causal link between hygiene and infections? *The Lancet infectious diseases*, 2(2), 103-110.
- Alcaldía San Sebastian de Mariquita. (2012). Plan Básico de Ordenamiento Territorial para el Municipio de Sas Sebastian de Mariquita. . 99.
- Así vamos en salud. (2012). Informe Tasa de Mortalidad por Enfermedad Diarreica Aguda (EDA) en menores de 5 años from <http://www.asivamosensalud.org/inidicadores/estado-de-salud/grafica.ver/12>

- Cáceres, D. C., Estrada, E., De Antonio, R., & Peláez, D. (2005). La enfermedad diarreica aguda: un reto para la salud pública en Colombia. *Rev Panam Salud Pública*, 17(1), 6-14.
- Cachanosky, I. (2012). Eficiencia técnica, eficiencia económica y eficiencia dinámica. *Procesos de Mercado: Revista Europea de Economía Política*, 9(2).
- Camara de Aguas y Aseo Andesco, C. (2012). INFORME DE ACTUALIZACIÓN DE INDICADORES – SECTOR DE SERVICIO DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO Y SANEAMIENTO BÁSICO 80.
- Comisión de Regulación de Agua Potable y Saneamiento Básico, C. (2014). 20 años de regulación de los servicios públicos domiciliarios de acueducto, alcantarillado y aseo en Colombia., 43.
- Consejo Nacional de Política Económica y Social, C. (2012). DISTRIBUCIÓN DEL SISTEMA GENERAL DE PARTICIPACIONES: RECURSOS PENDIENTES DE LAS ONCE DOCEVAS DE LA PARTICIPACIÓN PARA AGUA POTABLE Y SANEAMIENTO BÁSICO, VIGENCIA 2012.
- Contraloría General, C. (2011). Evaluación de la Política de Planes Departamentales para el Manejo Empresarial de los Servicios de Agua y Saneamiento -PDA.
- Contreras, M. Y., & González, K. A. (2013). El acceso al agua para consumo humano en Colombia. *Revista de Economía Institucional*, 15(29), 125-148.
- DANE. (2012). Indicadores de Necesidades Básicas Insatisfechas. 3.
- DANE, C. (2012). BOLETÍN DE PRENSA, ENCUESTA NACIONAL DE CALIDAD DE VIDA 2011. 42.
- de Medellín, A. (2012). Encuesta de calidad de vida 2011. *Departamento Administrativo de Planeación*. Departamento Administrativo de Planeación Municipal. (2012). Informe de Gestión Municipio Plato Magdalena. 34.
- DNP, D., SPSCV. (2011). Índice de Pobreza Multidimensional (IPM-Colombia) 1997-2008 y meta del PND para 2014. 4.
- Esrey, S. A., Potash, J. B., Roberts, L., & Shiff, C. (1991). Effects of improved water supply and sanitation on ascariasis, diarrhoea, dracunculiasis, hookworm infection, schistosomiasis, and trachoma. *Bulletin of the World Health Organization*, 69(5), 609.
- Flórez, I. D., Contreras, J. O., Sierra, J. M., Granados, C. M., Lozano, J. M., Lugo, L. H., . . . Parra, C. B. (2015). Guía de Práctica Clínica de la enfermedad diarreica aguda en niños menores de 5 años. Diagnóstico y tratamiento. *Pediatría*, 48(2), 29-46.
- Fuentes Pascual, R. (2011). Técnicas de Análisis Económico Aplicado II. Bloque III (Curso 2011-2012). *Técnicas de Análisis Económico Aplicado II*.
- García Prieto, C. (2002). Análisis de la eficiencia técnica y asignativa a través de las fronteras estocásticas de costes: una aplicación a los hospitales del INSALUD.
- Gobernación de Plato. (2012). Situación del sistema de Acueducto y Alcantarillado del Municipio de Plato.
- Granados, C., & Sánchez, F. (2014). Water reforms, decentralization and child mortality in Colombia, 1990–2005. *World Development*, 53, 68-79.
- Ibarra, J. (1970). *Asignación de recursos, programación lineal y teoría económica*: Instituto Latinoamericano de Planificación Económica y Social.
- INS. (2014). Mortalidad por Enfermedad Diarreica Aguda en < de 5 Años (EDA). 17.
- Londoño Fernández, J. L. (1995). *Metodología de la investigación epidemiológica*: Universidad de Antioquia.
- Ministerio de Protección Social. (2013). *Informe Rendición de Cuentas 2002 - 2010*. Ministerio de Protección Social.
- Ministerio de Salud y Protección Social. (2013a). Análisis de la Situación de Salud. 257.

- Ministerio de Salud y Protección Social. (2013b). INFORME NACIONAL DE LA CALIDAD DEL AGUA PARA CONSUMO HUMANO AÑO 2013 CON BASE EN EL IRCA. from <https://www.minsalud.gov.co/sites/rid/Lists/BibliotecaDigital/RIDE/VS/PP/SA/informe-nacional-de-la-calidad-del-agua-para-consumo-humano-ano-2013-con-base-en-el-irca.pdf>
- Organización Panamericana de la Salud. (2003). Técnicas para la medición del impacto de la mortalidad: Años Potenciales de Vida Perdidos. 24, 16.
- Pardo Merino, A. R. D., Miguel Ángel (2015). Análisis de datos con SPSS 13 Base
- Paternina Caicedo, A. (2013). Efectividad de la Vacuna Antitrotavírica en Colombia. 105.
- Prüss-Ustün, A., Bartram, J., Clasen, T., Colford, J. M., Cumming, O., Curtis, V., . . . Fewtrell, L. (2014). Burden of disease from inadequate water, sanitation and hygiene in low-and middle-income settings: a retrospective analysis of data from 145 countries. *Tropical Medicine & International Health*, 19(8), 894-905.
- Salinas, P. J. (2006). POBREZA Y SALUD. UN PROBLEMA GLOBAL, SUS CAUSAS, CONSECUENCIAS Y SOLUCIONES. *MedULA, Revista de Facultad de Medicina, Universidad de los Andes*, Vol. 15. N° 1, 5.
- Secretaría de Agua Potable y Saneamiento Básico. (2008). Plan Departamental De Agua y Saneamiento para el Dpto del Atlantico.
- Secretaría de Desarrollo Social Municipio de Plato. (2012). Plan Territorial de Salud Plato Magdalena 133.
- Secretaría General de la Alcaldía Mayor de Bogotá, C. (1994). Ley 142 de 1994.
- Semenza, J. C., Roberts, L., Henderson, A., Bogan, J., & Rubin, C. (1998). Water distribution system and diarrheal disease transmission: a case study in Uzbekistan. *The American journal of tropical medicine and hygiene*, 59(6), 941-946.
- UNESCO. (2007). Agua Para Todos Agua para la Vida - Informe de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos en el Mundo., 604.

